

315095

과  
제  
명

인삼  
생력재배와  
연작장해  
극복을  
위한  
광폭해가림  
생산시스템  
개발 및  
효과적인  
생산모델  
제시

최  
종  
보  
고  
서

2020

충청  
남도  
농업  
기술  
원  
인삼  
약초  
연구  
소  
농  
림  
식  
품  
기  
술  
기  
획  
평  
가  
원

보안 과제( ), 일반 과제( ○ ) / 공개( ○ ), 비공개( ) 발간등록번호( ○ )

## 첨단생산기술개발사업사업 제4차연도 최종보고서

발 간 등 록 번 호

11-1543000-003130-01

**과제명 : 인삼 생력재배와 연작장해 극복을 위한 광폭  
해가림 생산시스템 개발 및 효과적인 생산모델 제시**

**최종보고서**

**2020. 2. 15.**

**주관연구기관 / 충청남도농업기술원 인삼약초연구소  
협동연구기관 / 국립원예특작과학원 인삼특작부  
경기도농업기술원 소득자원연구소  
경상북도농업기술원 풍기인삼연구소**

**농 립 축 산 식 품 부**

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “인삼생력제배와 연작장해 극복을 위한 광복해가림 생산시스템 개발 및 효과적인 생산모델 제시”(개발기간 : 2015. 12. 28 ~ 2019. 12. 27)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 2. 14.

주관연구기관명 : 충청남도농업기술원 인삼약초연구소 김현호

협동연구기관명 : 국립원예특작과학원 인삼특작부 최인명 (인)

경기도농업기술원 소득자원연구소 박종수 (인)

경상남도농업기술원 풍기인삼연구소 류정기 (인)

주관연구책임자 : 김현호

협동연구책임자 : 안영남, 장인배, 김승환, 이성우

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

과제고유번호	315095	해 당 단 계 연 구 기 간	2015.12.28. ~ 2019.12.27.	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명				
연구과제명	대 과 제 명	인삼생력재배와 연작장해 극복을 위한 광폭해가림 생산시스템 개발 및 효과적인 생산모델 제시			
	세부 과제명	인삼 광폭해가림 시설에서의 연작장해 경감기술 개발			
연구책임자	김현호	해당단계 참여연구원 수	총: 27명 내부: 5명 외부: 22명	해당단계 연구개발비	정부:1,200,000천 원 민간:     천원 계:1,200,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 27명 내부: 5명 외부: 22명	총 연구개발비	정부:1,200,000천 원 민간:     천 계:1,200,000천원
연구기관명 및 소속부서명	충청남도농업기술원 인삼약초연구소			참여기업명  (해당없음)	
국제공동연구	상대국명: (해당없음)			상대국 연구기관명: (해당없음)	
위탁연구	연구기관명: (해당없음)			연구책임자: (해당없음)	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	(해당없음)
-------------------------	--------

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

- 광폭해가림 지역별 모형 4종 설정
  - 지역 : 경기(경사식 I), 충북(지붕식), 충남(농가보급형), 경북(경사식 II)
- 광폭해가림별 내재해 안정성 확보(태풍, 폭설)
  - 최대풍속 26.5m/s로 안전 - 시설의 변형정도 : 연구모델 모두 안전
  - 최대 풍하중 : 40.0kgf/m<sup>2</sup> - 시간당 강우량과 누수량은 비례하였음
- 광폭해가림 생육환경 및 생력화정도
  - 해가림시설 높이가 높을수록 투광량이 많았으나 시설 내 온도는 낮았음
  - 인삼 수확지에 토양을 새로이 객토한 토양에서도 광폭해가림이 생육 우수  
→ 생산량 및 토지이용율 25% 증가로 수량 40% 증수
  - 특히 근장 근중 동장 등 모든 특성이 관행해가림보다 우수
  - 병해충 방제 : 70%이상, 잡초제거 : 20%이상
- 인삼재배지 고정화를 위한 뿌리썩음병 경감기술 개발
  - 녹비작물(해바라기) 재배+토양혼화+비닐피복 태양열 소독으로 인삼 뿌리썩음  
병 발생 억제 → 자연친화적 연작장해 경감방법 제시
  - 광폭시설 고정형 재배시 연작을 경감할 수 있는 재배모델 제시  
→ 연작지 토양혼중(다조메 40kg) 처리 또는 50cm 이상의 원야토 객토 후 연  
작시 뿌리썩음병 60% 병발생률 경감

보고서 면수  
214

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>○ 연구목적 : 국내최초 광폭 해가림시스템 개발 시도 및 연작장해 경감 기술개발로 생력 재배와 인삼 재배지 고정화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인삼 생력재배를 위한 한국형 광폭해가림 적정모형 설정 및 실용화 가능성 분석</li> <li>- 인삼포장 고정화를 위한 연작장해 경감방법 및 작부체계 개발</li> </ul>				
<p>연구개발성과</p>	<p>○ 광폭해가림 지역별 모형 4종 설정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역 : 경기(경사식 I), 충북(지봉식), 충남(농가보급형), 경북(경사식 II)</li> </ul> <p>○ 광폭해가림별 내재해 안정성 확보(태풍, 폭설)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최대풍속 26.5m/s로 안전</li> <li>- 시설의 변형정도 : 연구모델 모두 안전</li> <li>- 최대 풍하중 : 40.0kgf/m<sup>2</sup></li> <li>- 시간당 강우량과 누수량은 비례하였음</li> </ul> <p>○ 광폭해가림 생육환경 및 생력화정도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해가림시설 높이가 높을수록 투광량이 많았으나 시설 내 온도는 낮았음</li> <li>- 인삼 수확지에 토양을 새로이 객토한 토양에서도 광폭해가림이 생육 우수</li> <li>→ 생산량 및 토지이용율 25% 증가로 수량 40% 증수</li> <li>- 특히 근장 근중 동장 등 모든 특성이 관행해가림보다 우수</li> <li>- 병해충 방제 : 70%이상, 잡초제거 : 20%이상</li> </ul> <p>○ 인삼재배지 고정화를 위한 뿌리썩음병 경감기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 녹비작물(해바라기) 재배+토양혼화+비닐피복 태양열 소독으로 인삼 뿌리썩음병 발생 억제 → 자연친화적 연작장해 경감방법 제시</li> <li>- 광폭시설 고정형 재배시 연작을 경감할 수 있는 재배모델 제시</li> <li>→ 연작지 토양혼중(다조매 40kg) 처리 또는 50cm 이상의 원야토 객토 후 연작시 뿌리썩음병 60% 병발생률 경감</li> </ul>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>○ 인삼 고정형 광폭해가림시설 개발로 안정생산시스템 구축에 의한 산지 고정화 가능</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 출입경작해소에 의한 이동 경작비 절감 및 시설고정화에 따른 교체비용 절감(150만원/10a)</li> </ul> <p>○ 인삼 연작장해 경감으로 인삼 재배 부적지 해결 및 안정적 재배 면적 확보 가능</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인삼 수확후 재작기간 10년→2년으로 단축( 재배면적 200% 확보)</li> </ul> <p>○ 광폭 경사식 해가림시설의 생산비를 줄인 농가보급형 광폭해가림 모델 개발 : 인삼 주산지 재배 농가를 대상으로 실증재배 추진 계획</p>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	광폭해가림	인삼	연작장해	토양소독	생력
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	Wideshade-facility	Ginseng	Replant injury	Soil fumigation	Labor-saving

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

## < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	3
2. 연구수행 내용 및 결과 .....	6
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	206
4. 연구결과의 활용 계획 등 .....	207
붙임. 참고 문헌 .....	208

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1-1. 연구개발 목적

- 인삼 생력기계화를 위한 최적 광폭해가림 시설재배 기반기술 개발
  - 농업환경 변화에 대응하기 위한 생력 및 내재해(고온, 바람, 폭설 등)형 광폭해가림 시설, 재배적지 부족에 따른 정착재배를 위한 고정시설 저비용 관리기술 등 안정생산시스템 구축
- 인삼 생력재배형 광폭 해가림 시설에서의 연작장해 극복기술 개발
  - 토양훈증, 심경, 윤작물 재배, 유기물 투입, 태양열 소독 등을 결합한 경제적이고 효과적인 토양소독 방법 개발

## 1-2. 연구개발의 필요성

- 국내 농산물 수출에서 고려인삼은 단일 품목으로 수출액이 가장 높은 작물임
  - ( '00)79 ⇒ ( '05)82 ⇒ ( '10)124 ⇒ ( '14)184백만\$
- 강우가 적고 여름에 비교적 선선한 미국과 캐나다 내 인삼 주산지의 경우 수평 해가림시설 설치 가이드라인에 따른 기계를 이용한 대규모 경작이 가능하여 세계 인삼시장에서 값싼 생산단가를 무기로 점유율을 점차 늘리고 있는 실정임
- 우리나라의 경우 '원예특작시설 내재해형 규격(농식품부 지정고시)'에 인삼 해가림시설 20종(목재 A·B·C형 각 5종, 철재 A형 4종 및 W형)이 규격 지정되어 농가에 보급되었으나 기후적 특성상 소형 시설로 높이가 낮고 기계화작업을 위한 통로 확보가 곤란하여 이를 보완해줄 생력화형 인삼 해가림시설의 개발이 꾸준히 요구되어 옴
- 이에 수평식 해가림(캐나다)을 국내에 도입 적용하여 관행 해가림과 비교한 결과 누수가 많고 투광량이 적어 인삼에 적변 발생이 많았고 토양 경도 증가로 생육이 불량해져 수량이 감소되었음 ☞ **한국의 기후실정에 맞는 광폭 해가림시설의 필요성 제기**
- 우리나라는 여름철 장마와 집중호우로 인해 습해 발생이 많으므로 캐나다 방식의 수평 해가림을 적용하기 곤란하여 누수를 차단할 수 있는 새로운 방식의 해가림 시설 개발이 필요함
- 또한 연작이 어려운 인삼의 특성상 초작지를 찾아 재배하는 출입 경작농이 증가하고 있으며 이에 따른 임차료, 교통비 부담 등으로 경영비 상승이 문제시되고 있음
- 인삼의 연작장해 주요인은 근부병원균인 *Cylindrocarpon destructans*로 확인되었으며 이를 방제하기 위한 토양훈증처리(다조메입제)방법이 개발되었으나 처리 시 지온과 토양수분이 적합해야하고 경제적으로 처리비용이 부담되며, 작업 시 위험성이나 토양오염 때문에 실용화가 곤란한 문제가 있어 윤작물을 도입한 경종적 방제방법의 개발이 필요함
- 이러한 이유 때문에 우리나라 인삼 재배면적은 지속적인 감소 추세로 내수(20천톤)와 수출(6천톤) 물량을 고려할 때의 적정 신규면적인 4,300ha에 턱없이 모자라 향후 인삼 종주국으로서 원료삼 공급에 심각한 문제가 초래될 것으로 보임
  - 재배면적 : ( '08)19,408 ⇒ ( '10)19,010 ⇒ ( '12)16,174 ⇒ ( '14)14,652ha
  - 신규면적 : ( '08) 5,263 ⇒ ( '10) 3,372 ⇒ ( '12) 3,125 ⇒ ( '14) 2,844ha
- 따라서 인삼 생력재배와 연작장해 극복을 위한 광폭 해가림 모델 및 생산 시스템개발은 생력화뿐만 아니라 연작장해에 따른 출입경작 문제를 해소하여 우리나라의 인삼 안정생산에 크게 기여할 것으로 기대됨

□ 국내 연구 현황

- 인삼 비가림하우스에 대한 연구가 2006년부터 수행되어 기술 보급 중(2011, 정 등)
- 2.6m 높이의 철재 장단폭 지붕형 해가림시설, 내재해형으로 고시(2013, 김 등)
- 광환경 조절을 위한 블라인드형 해가림시설 개발(2014, 박 등)
- 인삼 연작장해의 주요인은 근부병균인 *C. destructans*로 확인(1994, 인삼연초연구)
- 연작경감을 위한 훈증제 처리효과시험결과 연작지 처리효과는 있으나 5년생 이후부터는 근부병이 발생되어 고년근 재배는 곤란함( '94~' 02 인삼연 보고서)
- 인삼 수확 후 10년 이상 경과된 토양에서도 인삼뿌리썩음병원균의 후막포자가 살아있어 연작장해가 발생되어 문제시됨( '07 농진청)
- 논 토양에서 담수를 통해 연작장해를 경감하기 위한 논재배기술이 개발되고 있으나 밭토양에서의 연작장해 경감연구는 뚜렷한 대책이 없어 곤란한 실정임( '13, 농진청)

□ 국내 연구 현황

- 미국과 캐나다에서는 트랙터로 작업(파종, 병충해 방제, 수확 등)이 가능한 해가림구조(수평식으로 높이 3m, 폭 6m)를 개발하여 3~4년생 인삼을 재배하고 있음
- 북미삼 주산지인 위스콘신주 등은 월평균 강우량이 30~100mm, 여름철 기온은 22℃로 누수가 되는 망(net) 형태의 해가림 피복물만 덮어도 인삼의 고온 및 병 발생 피해가 적음
- 중국은 동북 3성의 여름철 기온이 낮은 관계로 고가 허리춤에 오는 터널식 비가림시설을 설치하여 인삼을 재배하는데 고온 및 병 발생 피해가 적은 편임
- 뿌리썩음 증상을 보이는 인삼뿌리에서 *C. destructans*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora cactorum*, *Pythium sp.*, *Alternaria panax* 등 7종의 병원균을 분리하였으며, 이중 강한 병원성과 침입력을 가진 *C. destructans*에 의한 1차 감염이 인삼 연작장해의 가장 중요한 원인으로 밝혀짐(2005, 캐나다)
- 인삼 수확 후 토양에 남은 인삼뿌리와 뿌리에서 분비되는 분비물이 인삼 생육 및 뿌리썩음병 발생에 미치는 영향에 대해 연구(2009, 중국)
- 인삼뿌리썩음병원균인 *Cylindrocarpon* sp. (*Neonectria*)과 그들의 유사군류(*Cylindrocarpon*-like anamorphs)의 분류체계 연구(2011, 미국)
- 화학적·생물학적 종합방제와 더불어 연작지의 지력회복을 위한 토양의 물리성 및 이화학적 개선 등 복합적인 관리기술 개발을 통해 연작장해 경감과 휴작기간을 단축할 수 있는 기술개발이 필요함



### 1-3. 연구개발 범위

#### 제1세부: 인삼 광폭해가림 시설에서의 연작장해 경감기술 개발

- 연구목표: 광폭해가림 시설에서 연작장해 경감기술을 실증하고 재해 적응성 및 인삼 수량성 등을 평가하여 실용적인 연작장해 경감기술 제시
- 시험장소: 충남 금산(연구비 1.1억원)
- 시험포장: 연작지 포장 ○ 해가림 유형: 경사식 광폭해가림 1중
- 처리내용
  - 1) 토양혼중제 처리시 토양 조건 구명
    - 적정 토양수분함량 및 토양 입자 크기
  - 2) 토양혼중제 제형별 처리효과 구명
    - 혼중제 : 고체(밭사미드)
    - 처리방법 : 토양처리(5월)- 퇴비/녹비작물재배(6월-08월)-예정지 관리(9월)
- 주요조사항목: 연작장해 발생률, 인삼 생육특성, 경제성 분석

#### 제1협동: 경기지역 인삼 광폭해가림의 적응성 평가 및 최적 모델 개발

- 연구목표: 경기지역(연천)에서 광폭해가림 시설의 재해 적응성 및 인삼 수량성 등을 평가하고 시설비, 생력화율, 경제성 등을 분석하여 농가보급형 모델 제시
- 시험장소: 경기 연천(연구비 1.1억원)
- 해가림 유형: ① 경사식 I (소득자원) ② 경사식 II (풍기인삼) ③ 지붕식(인삼과)
- 주요조사항목: 내재해성, 설치비, 생력화율, 인삼 생육특성, 경제성 분석

#### 제2협동: 충북지역 인삼 광폭해가림의 적응성 평가 및 최적 모델 개발

- 연구목표: 충북지역(음성)에서 광폭해가림 시설의 재해 적응성 및 인삼 수량성 등을 평가하고 시설비, 생력화율, 경제성 등을 분석하여 농가보급형 모델 제시
- 시험장소: 충북 음성(연구비 1.1억원)
- 해가림 유형: 제1협동과 동일
- 주요조사항목: 제1협동과 동일

#### 제3협동: 경북지역 인삼 광폭해가림의 적응성 평가 및 최적 모델 개발

- 연구목표: 경북지역(풍기)에서 광폭해가림 시설의 재해 적응성 및 인삼 수량성 등을 평가하고 시설비, 생력화율, 경제성 등을 분석하여 농가보급형 모델 제시
- 시험장소: 경북 풍기(연구비 1.1억원) ○ 해가림 유형: 제1협동과 동일
- 주요조사항목: 제1협동과 동일

#### 제4협동: 인삼 관행 해가림 방식에서의 연작장해 경감기술 개발

- 연구목표: 토양소독, 윤작물 토양환원, 태양열 소독 등 종합기술을 투입하여 실용적이고 경제적인 연작장해 경감기술 개발 및 실용화
- 시험장소: 충북 음성(연구비 0.6억원) ○ 시험포장: 연작지 포장
- 처리내용
  - 1) 수단그라스(5~8월) → 심토혼중(다조메, 9월) → 예정지관리(10월)
  - 2) 심토혼중(다조메, 5월) → 옥수수(6~8월) → 예정지관리(9~10월)
  - 3) 옥수수(5~8월) → 심토혼중(다조메, 8~9월) → 예정지관리(9~10월)
  - 4) 해바라기(5~7월) → 비닐피복 태양열 소독(8월) → 심토혼중(다조메, 9월) → 예정지관리(10월)
- 주요조사항목: 연작장해 발생률, 인삼 생육특성, 경제성 분석

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### <제 1세부 : 인삼 광폭해가림 시설에서의 연작장해 경감기술 개발>

#### 가. 연구수행 내용

##### (1) 인삼 재작지 객토 및 토양훈증을 이용한 연작장해 경감기술 개발

- 시험토양 : 인삼 수확지 (재작지)
- 처리내용 : 객토 및 토양훈증처리
- 처리면적 : 20a (객토 10a, 훈증처리 10a)
- 처리일시 : 2016년 6월 15일
- 인삼 정식일 : 2017년 3월 중순 (2년생 묘삼)
- 조사내용 : 생육특성 및 뿌리썩음병 방제 효과



그림 1. 광폭해가림 철골공사 추진

(2) 충남지역 광폭해가림 모델 선정

- 시험면적: 기존 광폭해가림 - 300평 2개소 (초작지, 재작지)  
 보급형 광폭해가림 - 300평 1개소

표 1. 광폭해가림시설 규격

해가림 종류	지주대 종류	지주대 설치간격	전후주 높이	차광자재
광폭	H빔 (0.3×0.3m)	5×5m	6m×2m	4중직 차광망
보급형	사각파이프 (0.25×0.25m)	5×5.8m	3.5m×2m	4중직 차광망

- 두둑 및 이랑 : 100 × 60cm (3두둑)
- 인삼 정식일 : 2018년 3월 중순 (2년생 묘삼)



## 나. 연구수행 결과

### (1) 인삼 재작지 객토 및 토양혼증을 이용한 연작장해 경감기술 개발

#### (가) 객토 및 혼증처리구 처리

○ 인삼 광폭해가림 하에서 연작을 위한 토양관리는 인삼의 연작시 문제가 되는 뿌리썩음병을 방제하기 위하여 재작지 토양을 30cm 깊이의 토양을 제거하고 인삼을 재배하지 않은 신선한 야산토양을 50cm 객토하여 토양을 바꾸어 주는 것과 기존에 인삼 뿌리썩음병 방제에 효과가 있는 토양혼증제(밧사미드)를 이용하여 토양소독을 실시하였다. 객토는 6월 초순에 실시하였으며 객토 후 퇴비를 10a당 축분 퇴비를 6ton 시용한 후 로타리 하여 토양에 혼화하였다. 토양혼증제 처리는 토양혼증제 밧사미드(40kg/10a)를 2016년 6월 15일 처리 후 2016년 6월 30일까지 15일간 비닐피복 하였다. 이후 비닐을 제거한 후 관행 토양관리방법에 준하여 관리하였다. 토양분석은 6월 15일과 8월 15일 분석하였다. 인삼 뿌리썩음병원균의 밀도는 농진청 인삼과에 의뢰하여 혼증제 처리전후의 밀도를 조사하였다.

표 2. 인삼 재작지 토양혼증 및 객토 후 퇴비시용에 따른 토양 이화학성 변화

토 양	처리내용	pH	유기물 (g/kg)	유효인산 (P2O5, mg/kg)	칼륨 (cmol <sup>+</sup> /kg)	칼슘 (cmol <sup>+</sup> /kg)	마그네슘 (cmol <sup>+</sup> /kg)	염류농도 (dS/m)
기준범위		5.5-6.5	10-30	70-300	0.2-1.0	3.0-6.5	1.0-4.5	0.2-1.0
객토지	원야토	6.1	3.4	47.0	0.1	13.6	1.9	0.09
	퇴비시용	<b>7.0</b>	<b>19.2</b>	<b>625.0</b>	<b>0.3</b>	<b>17.2</b>	<b>3.6</b>	<b>1.19</b>
재작지	토양혼증 전	6.3	18.6	159.3	0.2	6.2	2.0	0.37
	토양혼증 후	<b>6.0</b>	<b>19.9</b>	<b>199.0</b>	<b>0.4</b>	<b>5.2</b>	<b>1.8</b>	<b>0.75</b>



그림 3. 인삼 재작지 객토 작업과정(2016. 6. 14.)



○ 인삼을 재배하지 않은 객토한 토양과 재작지 토양의 토양이화학성을 분석한 결과 표 1에서와 같이 객토한 토양은 산도가 6.1로 약산성이며, 인산이 47, 염류농도가 0.09로 양분이 적은 상태였으며 퇴비를 시용 후 2개월 후 조사 시 산도 7.0으로 높아졌으며, 모든 성분이 증가하였다. 특히 유기물은 6배, 인산은 14배, 염류농도는 10배로 다른 성분에 비해 높은 증가를 보였다. 인삼을 재배하지 토양과 재작지 토양의 인삼 뿌리썩음병원균의 밀도를 조사한 결과 재작지 인삼 뿌리썩음병원균의 밀도는  $10^3$ cfu/g에서 토양훈증제 처리시  $10^1$  cfu/g이하로 감소하여 토양훈증제의 처리가 병원균의 밀도 감소에 효과가 있는 결과를 확인할 수 있었다.

표 3. 인삼 객토 및 토양훈증 시 인삼 뿌리썩음병원균 밀도감소

토 양	처리내용	병원균 밀도(cfu/soil g)
객토(원야토)	-	불검출
재작지	토양훈증 전	$10^3$
	토양훈증 후	$10^1 <$



그림 4. 재작지 토양훈증제 처리과정(2016. 6. 15.)

(나) 충남 지역 광폭해가림 포장 및 시설 규격

○ 충남 지역의 광폭해가림 하에서 인삼 재배를 위한 포장은 광폭해가림 주기둥 설치 간격이 5×5m로 하였으며, 총 높이는 6m로 전주 6m 후주 2.8m 높이로 설계하였다. 두둑과 이랑은 100x60cm, 두둑방향은 동남 130° ~서북 310° 방향으로 선정하였다. 해가림 주기둥 사이로 두둑을 3개를 만들 수 있도록 하였다. 광폭해가림 자재의 사용은 강도, 규격 등을 안전에 적합하도록 적용하였다.

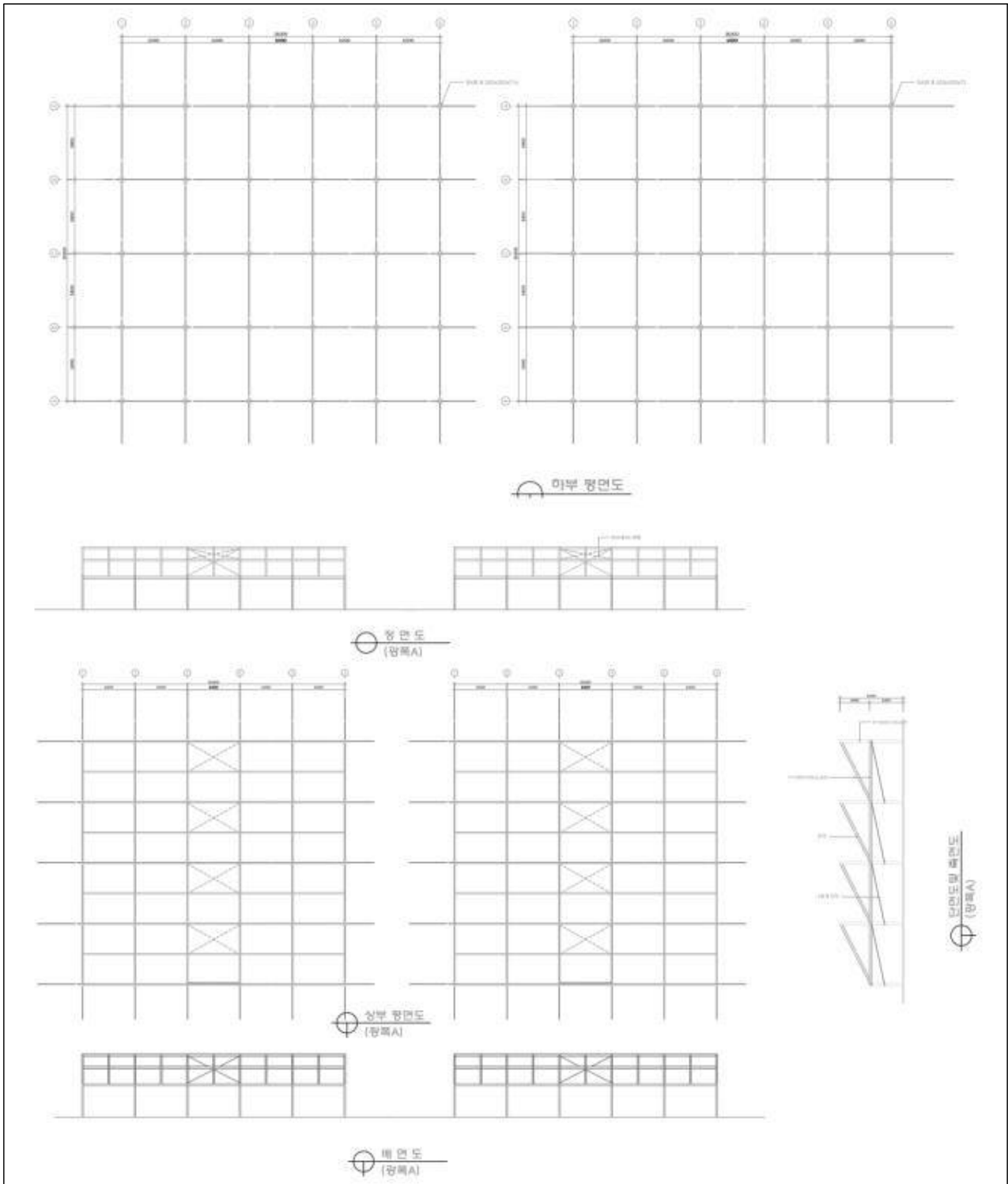
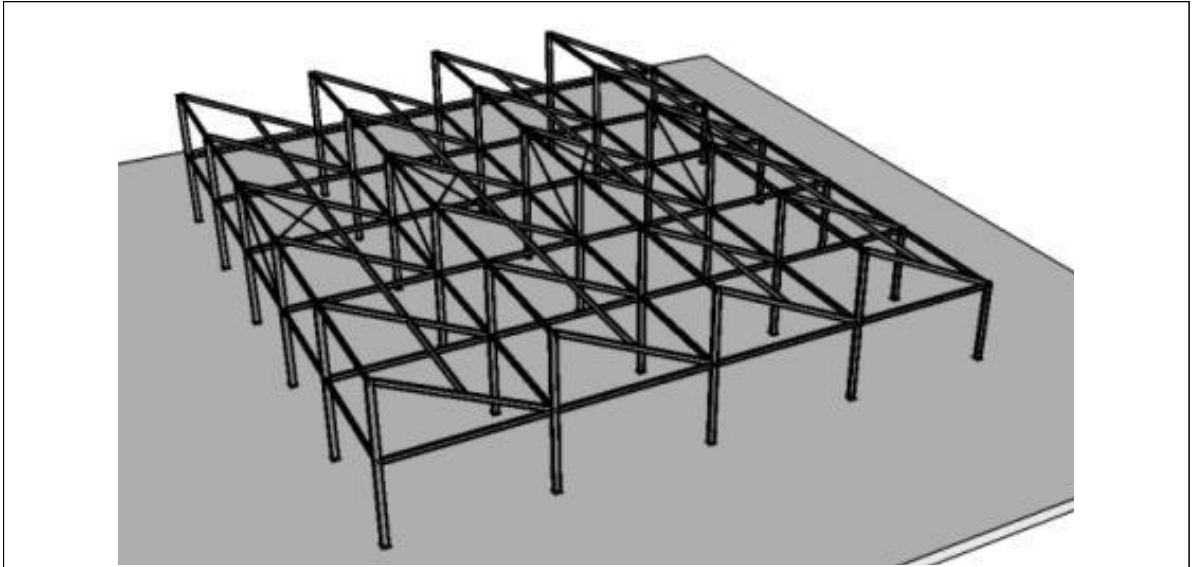


그림 5. 충남형 광폭 해가림 도면



광폭 해가림시설 후측면

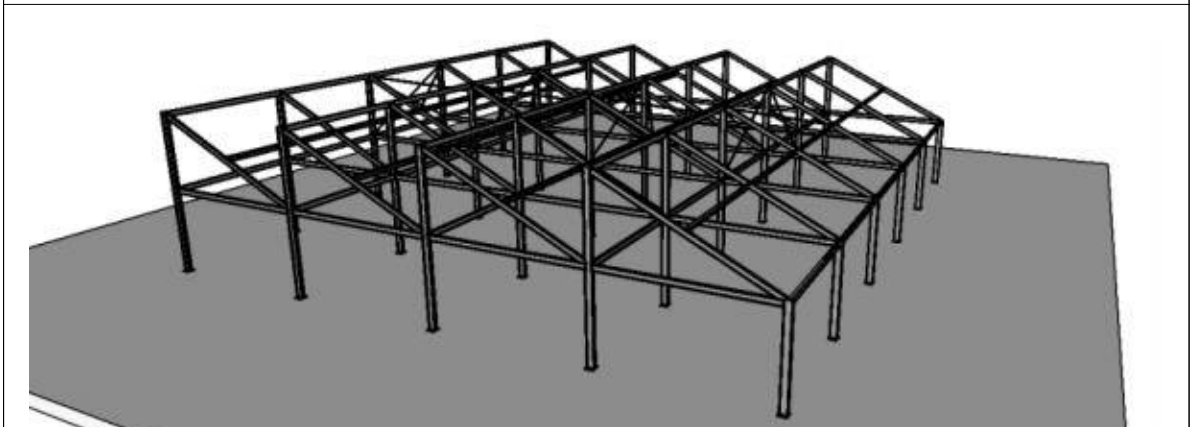
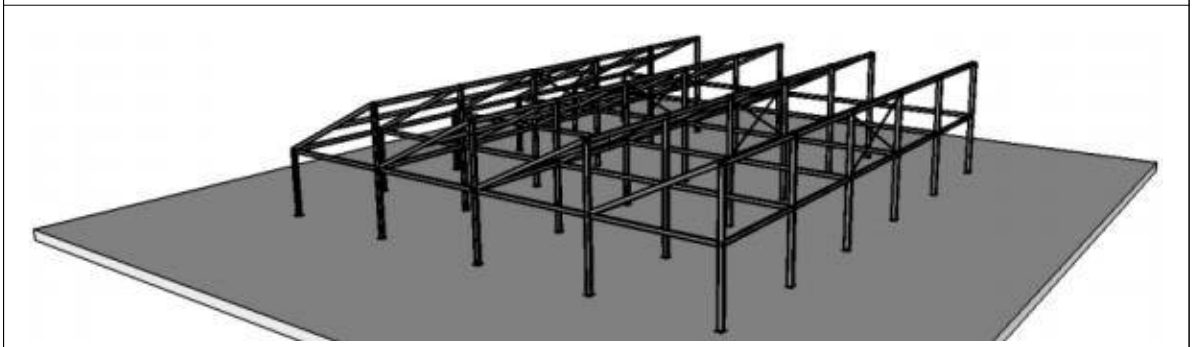
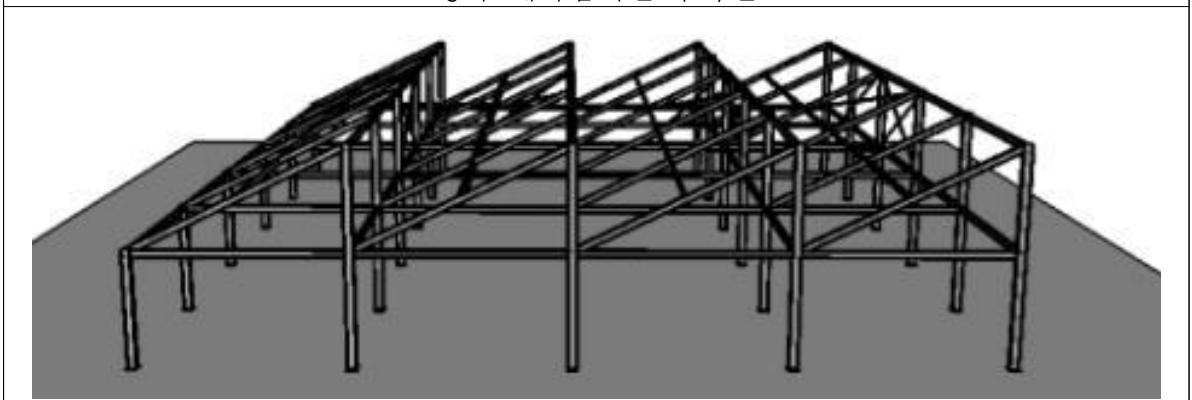


그림 6. 광폭 해가림시설 측면

○ 충남 지역 광폭해가림 사용 재료

- 콘트리트.

구분	강도	비고
모든 콘크리트	24Mpa	

- 철근 및 철골

구분	규격	설계강도.Mpa	비고
모든 철근	KS D 3504	400	SD400
철골	KS D 3503	235	SS400
볼트	KS D 3503	900	F10T
BASE Plate	KS D 3503	235	SS400
ANCHOR Bolt	KS D 3503	235	SS400

○ 충남지역의 광폭해가림 안전성은 풍하중이: 30m/sec, 적설하중 : 0.5kn/m<sup>2</sup>로 강풍이나 눈이나 비에 피해가 없도록 하였으며, 각각 안정성 검사를 실시하였다. 광폭해가림 설계프로그램과 풍하중 적용기준은 다음과 같이 적용하였다.

- 충남지역 광폭해가림 사용 프로그램

구분	내용
MIDAS/GENw(ver.770)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 골조 응력해석(93차원,2차원 유한 요소해석)</li> <li>◦ 내진 및 내풍해석</li> <li>◦ 각종 부재 단면설계</li> </ul>
MIDAS / SDS(ver.350)	◦ 바닥판 전용 해석 프로그램
MIDAS / Set(ver.334)	◦ 각종 부재 단면 설계

- 충남지역 광폭해가림 풍하중

구분	적용기준
지역	충남 금산군
설계기본풍속	V = 30 m/sec
노풍도	C
중요도 계수	Iw = 0.9 (중요도 3)
고도분포계수	Kzr = 1.0
설계풍하중	Wf = pf × A



(다) 관행 및 광폭해가림 미기상 환경 특성

표 4 . 광폭해가림 및 관행해가림 시설 내 기상환경

조사 시기	해가림 종류	온도(°C)			상대습도 (%)	토양수분 (%)	광량 (um/m <sup>2</sup> /s)	토양온도 (°C)	
		평균	최고	최저					
6 월	상	관행	22.0±6.45	33.9	10.4	68.1±20.41	4.8±0.12	18.3±28.58	22.7±1.43
		광폭	21.8±5.74	31.4	10.9	66.7±19.48	5.2±0.32	30.8±93.00	21.8±2.09
	중	관행	21.3±4.80	32.6	11.7	73.4±16.33	4.7±0.10	9.5±30.58	22.4±1.05
		광폭	21.2±4.51	31.8	11.9	71.1±16.27	3.9±0.38	19.6±57.66	22.0±1.74
	하	관행	23.9±5.53	34.9	11.9	77.1±20.81	5.1±0.38	6.9±11.53	24.3±1.52
		광폭	23.9±5.28	34.2	12.2	75.8±20.45	6.8±3.96	22.3±65.23	24.4±1.93
7 월	상	관행	23.3±3.72	33.5	16.2	86.6±13.01	6.1±0.20	7.0±22.61	25.2±1.09
		광폭	23.1±3.51	32.7	16.4	84.7±13.22	11.0±3.01	14.3±41.87	24.1±1.65
	중	관행	28.4±5.11	37.4	21.2	84.6±16.89	6.3±0.09	9.7±27.79	28.2±1.09
		광폭	28.2±4.67	36.2	21.3	81.4±15.89	8.4±0.40	33.4±109.14	28.2±1.86
	하	관행	29.8±4.91	38.7	21.9	79.1±17.36	6.4±0.22	10.5±29.30	29.7±0.88
		광폭	29.7±4.49	37.9	22.0	77.6±17.00	7.9±0.47	32.3±100.06	29.3±1.54
8 월	상	관행	29.6±5.13	40.4	21.1	79.2±17.66	7.5±1.79	9.9±29.84	29.7±0.85
		광폭	29.6±4.80	39.3	21.2	77.1±17.27	8.9±2.88	29.2±95.52	28.8±1.55
	중	관행	27.6±5.52	38.7	15.4	74.2±18.18	7.1±0.30	11.6±34.04	28.6±1.52
		광폭	27.7±5.14	38.0	15.8	77.1±17.89	6.5±0.79	18.7±47.42	28.8±2.02
	하	관행	26.4±5.80	37.9	19.8	79.3±19.12	6.7±0.05	9.8±29.95	27.7±0.82
		광폭	26.5±5.44	36.7	20.0	77.0±18.52	5.3±0.14	14.2±18.24	26.9±1.83

○ 광폭과 관행 해가림시설 내 기상환경은 인삼의 고온피해가 가장 많이 나타나는 6~8월 사이를 조사하였다. 최고온도는 두 해가림시설에서 6월 상순에 2.5°C 정도 차이를 보였고, 중순, 하순은 0.8°C, 0.7°C 정도 광폭해가림시설에서 온도가 낮았다. 토양온도에서는 상순은 0.9°C, 중순에는 0.4°C로 광폭해가림시설에서 낮은 온도 경향을 보였고, 하순에서는 0.1°C 높은 경향을 보였다. 6월에는 평균온도가 높지 않아 고온피해에 관련된 엽소현상 등을 관찰되지 않았다. 7월 최고온도는 상순은 0.8°C, 중순 1.2°C, 하순은 0.8°C 정도 광폭해가림 시설에서 낮은 경향을 보였고, 토양온도는 상순 1.1°C, 하순 0.4°C 광폭해가림시설이 낮았고, 중순의 경우 28.2°C로 비슷하였다. 광량의 경우 경사식 구조 전면으로 들어오는 아침광에 의해 수고가 높은 광폭해가림 시설에서 7월(7~22um/m<sup>2</sup>/s), 8월(5~20um/m<sup>2</sup>/s)로 더 높은 광량이 측정되었다.

표 5. 광폭해가림 및 관행해가림 시설 내 온도 비교

조사시기		해가림 종류	온도(℃)	
월	순	종류	평균	최고
5월	상	관행	23.8±0.84	27.5
		광폭	23.3±0.90	27.2
	중	관행	24.0±1.65	28.3
		광폭	23.8±1.76	28.0
	하	관행	20.0±6.55	32.8
		광폭	19.5±5.93	30.4
관행 5월 전체평균			22.6±3.01	30.5
광폭 5월 전체평균			22.2±2.86	29.2
6월	상	관행	22.2±6.45	33.9
		광폭	21.8±5.81	32.0
	중	관행	21.3±4.80	32.6
		광폭	21.2±4.54	32.1
	하	관행	23.9±5.53	34.9
		광폭	23.9±5.35	34.6
관행 6월 전체평균			22.5±5.59	33.8
광폭 6월 전체평균			22.3±5.23	32.9
7월	상	관행	23.3±3.72	33.5
		광폭	23.1±3.55	33.0
	중	관행	29.8±4.91	37.4
		광폭	28.2±4.77	36.6
	하	관행	29.8±4.91	38.7
		광폭	29.7±4.55	38.1
관행 7월 전체평균			27.1±4.58	36.5
광폭 7월 전체평균			27.0±4.29	35.9
8월	상	관행	29.6±5.13	40.4
		광폭	29.6±4.84	39.8
	중	관행	27.6±5.52	38.7
		광폭	27.7±5.14	38.1
	하	관행	26.4±5.80	37.9
		광폭	26.4±5.46	37.0
관행 8월 전체평균			27.8±5.49	39.0
광폭 8월 전체평균			27.9±5.14	38.3

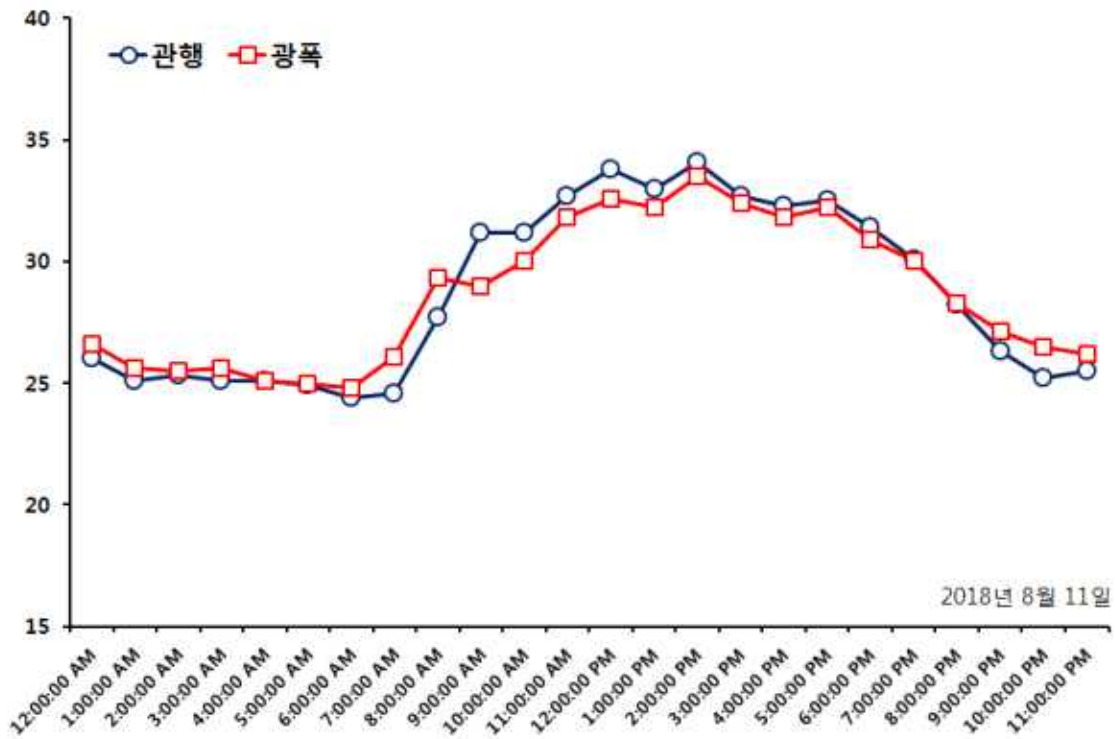
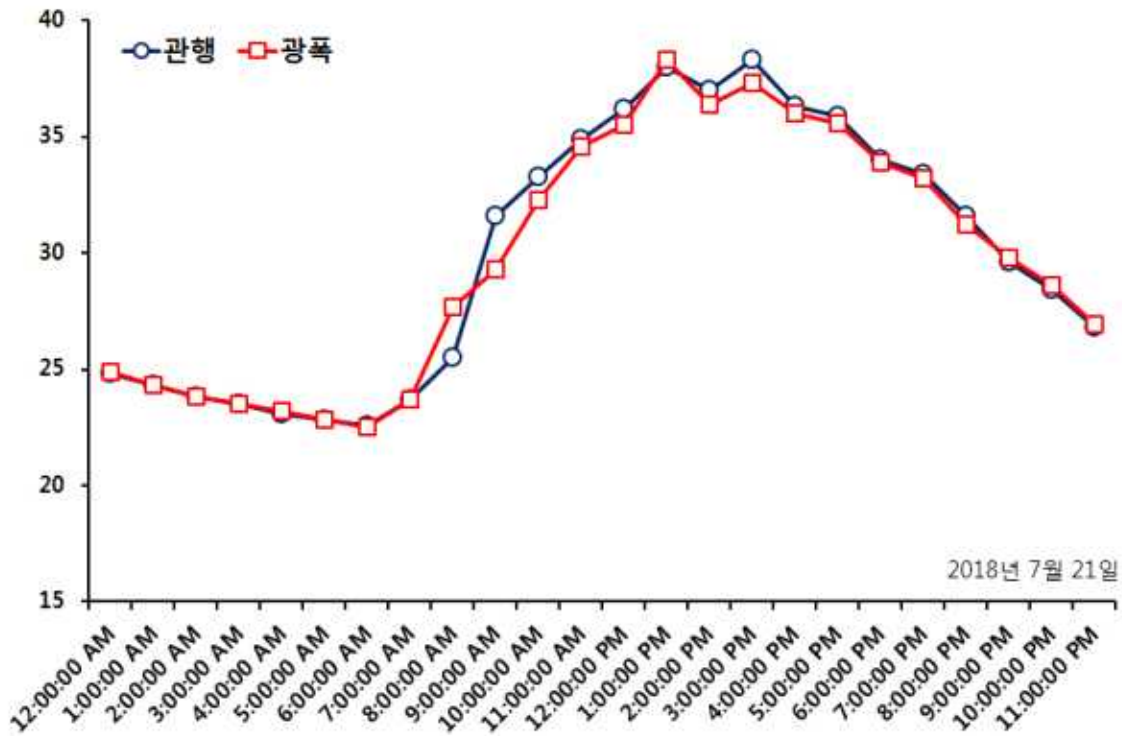


그림 7. 광폭해가림 및 관행해가림 시설 내 시간별 온도 비교

○ 광폭해가림시설이 전반적이 평균온도가 관행해가림보다 0.5~1°C 정도 낮았고, 최고온도의 경우 1°C 정도 낮았다. 평균온도의 경우 측고가 높은 광폭해가림시설이 관행해가림시설보다 약 0.5°C 정도 온도가 낮았고, 이는 기후변화로 인해 고온피해가 많이 발생하는 지역에서 광폭해가림 재배가 인삼 생육에 유리하다고 생각된다. 토양온도는 관행해가림시설보다 대체로 1°C 정도 낮았다. 인삼의 고온피해가 나

타나는 7~8월 사이 평균토양온도는 광폭해가림시설은 27.6℃ 이고 관행해가림은 28.1도로 약 0.5℃이 낮았다. 인삼은 뿌리작물로 토양온도가 낮으면 고온피해 회피에 이점이 있고 생육에 영향을 주어 광폭해가림시설에서 생육한 인삼이 더 높은 근중을 보였다. 광량의 경우 관행해가림에 비해 많은 광량을 받은 것을 알 수 있었다.



아침 직광에 의한 4년생 엽소현상 발생



그림 8. 전주, 측면 광에 의해 인삼 피해 발생

- 수고가 높은 광폭해가림은 광이 들어오는 모든 면을 차광하기 어려울 뿐만 아니라 그렇게 된다면 인삼생육에 있어 광이 부족하게 된다. 본 광폭해가림의 경우 2018년도는 전면에서 들어오는 아침광을 차단하지 못하여 3두둑에 엽소현상이 발생했지만 2019년도에는 경사식 사이에 2중직 면림 설치로 엽소현상을 방지할 수 있었다. 해가림 시설 전면으로 들어오는 아침광은 차광망을 통해 들어오는 산란광이 아니라 직광으로 인삼 생육에 있어 엽소현상 발생과 고온피해에 영향이 있었다. 광폭해가림시설을 설치 시 전면이 노출되는 경사식 해가림은 전면에 2중직 면림을 추가 피복을 해주거나 지붕식으로 설계하여 직광을 막아주고 일정한 광을 들어올 수 있도록 설치하여야한다.

(라) 관행 및 관행해가림 하에서 인삼 생육 특성

표 6. 관행 및 광폭해가림 시설의 3~5년근 지상부 생육특성

처리내용		출아율 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	경직경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	
3년생 (2017)	혼증	관행	87.8	28.7±3.35	16.9±2.94	3.4±0.51	8.0±0.71	3.7±0.26
		광폭	91.0	26.5±2.54	16.3±2.13	3.7±0.40	9.0±0.69	3.9±0.41
	객토	관행	84.1	28.3±2.14	13.0±2.79	3.5±0.51	7.4±0.66	3.1±0.26
		광폭	94.3	27.5±2.35	14.0±2.37	3.4±0.44	8.4±0.95	3.6±0.35
4년생 (2018)	혼증	관행	78.0	47.5±2.87	21.0±2.62	4.1±1.75	11.2±1.04	4.9±0.38
		광폭	84.6	42.4±4.80	21.4±3.34	4.1±0.77	11.0±1.57	4.7±0.70
	객토	관행	81.3	45.1±4.92	21.9±4.05	4.8±0.91	12.3±1.41	5.1±0.42
		광폭	89.2	45.6±4.57	23.2±3.59	4.8±1.87	12.6±1.87	5.3±0.71
5년생 (2019)	혼증	관행	59.0	60.5±3.66	36.0±3.79	6.6±0.97	13.6±1.95	5.3±0.75
		광폭	61.3	62.5±3.77	37.2±2.49	7.9±1.02	14.2±1.35	5.8±0.64
	객토	관행	65.2	54.4±5.03	32.1±2.89	6.1±0.64	12.2±1.15	4.6±0.53
		광폭	66.3	63.0±3.54	37.0±2.74	7.3±0.76	13.9±1.47	5.5±0.62

\* 이식간격 : 광폭해가림: 10cm×18cm(9×10본),식재본수:90본/2.88㎡,  
관행해가림: 10cm×18cm(8×10본),식재본수:80본/3.24㎡

\*\* 조사일 : 2017~2019년 6월, 시험구당(3.2㎡) 3반복 조사

○ 연생 별 지상부 생육을 조사하였다(표). 5월에 조사한 3년생의 출아율은 광폭해가림 객토처리구에서 가장 높은 출아율(94.3%)을 보였고, 관행해가림 객토처리구에서 가장 낮은 출아율(84.1%)을 보였다. 혼증처리구도 관행(87.8%)보다 광폭해가림(91%)에서 높은 출아율이 조사되었다. 관행해가림의 출아율이 낮은 이유는 토양수분이 부족으로 인해 낮아진 것으로 최근 기상상황은 출아기인 봄부터 7월까지 비가 평년에 비해 적기 때문이다. 광폭해가림은 두둑이 낮아 이와 같이 수분 부족에 의해 출아율이 낮아지는 것을 줄일 수 있었다. 4년생의 출아율은 3년생과 마찬가지로 객토 광폭해가림에서 가장 높은 출아율(89.2%)를 보였고 혼증 광폭해가림, 객토 관행해가림, 혼증 관행해가림 순으로 출아율이 높았다. 5년생의 출아율은 앞선 결과와 같이 객토 광폭해가림(66.3%), 객토 관행해가림(65.2%), 혼증 광폭해가림(61.3%), 혼증 광폭해가림 순으로 출아율이 높았다. 연생이 오래될수록 뿌리썩음병 발생이 증가해 출아율이 감소하였다. 지상부의 생육은 객토 처리구에서 관행해가림에 비해 광폭해가림에서 경장이 길고 엽장, 엽폭이 넓었고 혼증처리구에서도 비슷한 경향이 보였다. 이는 광폭해가림의 두둑이 낮아 토양수분 상태가 좋아 지상부 생육에 유리한 조건이기 형성되었기 때문으로 보인다. 특히 저년근은 뿌리가 작아 두둑의 높이에 영향을 많이 받는데 이는 토양수분하고 연관되기 때문이다. 또한 토양수분에 영향을 주는 누수량도 조사 결과에서도 관행보다 광폭



해가림이 유입량이 많았다.(표 5) 이는 저년근에는 생육에 좋은 결과를 보이지만 점차 생육 연수가 증가하게 되면 오히려 과도한 수분은 뿌리 발달을 억제하고 병해의 발생을 증가시킬 수 있기 때문에 재배연수별로 토양수분에 조절하여야 할 것으로 보인다.



그림 9. 광폭해가림 지상부 생육상황

표 7. 광폭해가림 및 관행해가림 강우량

처리내용		강우량(ml)	유입량(%)
강우량		855	100
관행해가림		160	18.7
광폭해가림	1st	220	25.7
	2nd	225	26.3
	3rd	420	49.1

\* 관행해가림 :PE4+PE2 \*\*조사일 2017년 6월 27일

- 시설별 누수량의 경우, 관행해가림에서는 160ml, 강우량 대비 18.7%가 누수되었고, 광폭해가림시설은 1두둑은 220ml, 2두둑은 225ml, 3두둑은 420ml, 강우량 대비 25.7%, 26.3%, 49.1%로 관행해가림보다 많은 누수량을 보였다. 또한, 광폭해가림 이음새에서 집중누수가 발생하여 처마를 이용한 보강작업이 필요하였다. 광폭해가림의 많은 강우량의 유입량은 가뭄기나 저년생에는 유리하게 작용을 하기도 하는데 최근 봄에 비가 적어 인삼이 출아시 장애를 받아 출아율이 낮아지고 5~6월에 잔뿌리의 발달이 적어 성장량이 적은데 누수량이 많아지거나 관개시설로 이와 같은 문제점을 해결할 수 있다. 하지만 장마기에는 과도한 유입량으로 두둑의 무너짐이나 강수에 의한 뿌리의 부패, 병해가 증가하는 등 문제점이 있어 이에 대한 대책과 보완을 한다.

표 8. 관형 및 광폭해가림 시설 별 인삼 광합성 속도

처리내용		광합성속도 ( $\mu\text{mole CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ )		엽온 (Temp.)		증산량 ( $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{s}$ )		기공전도도 ( $\text{mol}/\text{m}^2$ )	
		관형	광폭	관형	광폭	관형	광폭	관형	광폭
객토	0	-0.39	-0.17	27.3	27.03	0.51	0.88	0.02	0.05
	50	2.33	2.34	27.5	27.23	0.41	0.89	0.02	0.05
	100	2.97	3.29	27.6	27.27	0.43	0.86	0.02	0.05
	200	3.48	4.03	27.6	27.40	0.41	0.87	0.02	0.05
	300	3.82	4.13	27.7	27.53	0.43	0.86	0.02	0.05
	400	4.07	4.05	27.7	27.57	0.47	0.89	0.02	0.05
훈증	0	0.0	-0.28	27.4	27.40	0.5	0.82	0.02	0.04
	50	1.13	2.04	27.6	27.53	0.48	0.83	0.02	0.04
	100	1.45	2.78	27.6	27.63	0.46	0.84	0.02	0.04
	200	1.57	2.95	27.8	27.73	0.52	0.82	0.02	0.04
	300	1.71	3.10	27.9	27.93	0.55	0.81	0.02	0.04
	400	2.05	3.08	27.8	27.97	0.54	0.81	0.02	0.04

\* 관형해가림 : PE4+PE2, 조사일 : 6월 중순

○ 광폭해가림시설에서 광합성 속도는 객토, 훈증 두 처리구에서 광량 300이 가장 높은 광합성 속도가 관찰되었고, 관형해가림에서는 광량이 많이 질수록 광합성량이 많아지는 것으로 조사되었다. 관형해가림시설은 폴리에틸렌(PE4 + PE2) 차광망으로 광이 부족하여 광량이 많아질수록 광합성 속도도 올라가는 것으로 조사되었다. 광합성속도의 최대값은 관형은 광량 400에서  $4.07 \mu\text{mole CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 이고 광폭해가림시설은 300에서  $4.13 \mu\text{mole CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 으로 더 높았다. 엽온은 관형이  $27.6^\circ\text{C}$ , 광폭 해가림시설이  $27.3^\circ\text{C}$ 로  $0.3^\circ\text{C}$  차이가 났다. 증산량의 경우 광합성 속도가 빠른 광폭해가림( $0.88\text{mmol}/\text{m}^2/\text{s}$ )에서 관형해가림시설( $0.44\text{mmol}/\text{m}^2/\text{s}$ )보다 2배정도 차이가 났고, 기공전도도 또한 광폭해가림시설에서 더 높게 관찰되었다.



표 9. 광폭해가림 및 관행해가림 시설 내 3~5년생 인삼 지하부 생육특성

처리내용			근중 (g)	근장 (cm)	근직경 (mm)	수량 (kg/10a)
3년생 (2017)	훈증	관행	7.3±2.25	20.5±3.27	11.4±2.25	175.2
		광폭	10.4±3.84	21.4±3.74	13.0±2.47	336.9
	객토	관행	8.4±2.65	15.4±3.19	13.0±2.25	201.6
		광폭	9.1±3.64	15.8±3.78	12.8±2.74	294.8
4년생 (2018)	훈증	관행	10.5±4.25	18.7±3.65	13.7±2.72	206.6
		광폭	17.3±7.38	19.3±3.89	16.2±2.91	484.2
	객토	관행	17.1±4.17	25.7±1.97	16.1±1.91	361.1
		광폭	21.2±7.51	24.9±3.02	16.8±2.64	597.5
5년생 (2019)	훈증	관행	24.2±3.26	20.2±3.60	18.9±2.31	321.1
		광폭	21.4±7.34	20.2±13.00	19.0±3.19	474.9
	객토	관행	20.7±4.97	24.8±2.48	17.5±2.00	355.7
		광폭	27.4±5.32	23.7±2.77	20.7±2.49	646.2

○ 인삼 광폭해가림을 토양 재배지별로 설치하여 지하부 3년생 생육을 조사하였다. 토양훈증 처리 시 관행해가림에 비해 광폭해가림시설에서 근중, 근장등 전체적으로 생육은 양호한 것으로 나타났고, 4년생 지하부 생육도 3년생도 같은 결과를 얻었다. 5년생 지하부 생육은 광폭해가림에서 근중이 더 낮았고 4년부터 뿌리썩음병 발생이 높아져 5년생에서 광폭해가림시설의 빗물유입으로 인해 뿌리썩음병 발병이 심한 것으로 사료된다. 인삼 수확지에 토양을 새로이 객토한 토양에서도 광폭해가림이 생육이 우수한 결과를 보였다. 특히 근장 근중 등 모든 특성이 관행해가림보다 우수한 것으로 나타났다. 훈증과 객토 처리구를 비교했을 때, 3년근에서는 관행에서 평균근중 8.85g으로 광폭해가림시설 평균근중 8.75g으로 비슷한 결과를 얻었고, 4~5년에는 광폭해가림시설 평균근중 4년근(19.15g), 5년근(24.05g)으로 관행 해가림 시설 4년근 평균근중(13.9g), 5년근 평균근중(22.8g)보다 생육이 더 좋았다. 본 시험에서 뿌리썩음병 발병으로 4년근에서 5년근의 증체량이 늘지 않았다. 저년근일때 관행해가림에 비해 광폭해가림이 생육이 양호한 것은 관행해가림은 두둑높이가 30cm이며 광폭해가림은 23cm로 식재한 재목이 묘삼의 생육에 적합한 것은 두둑의 높이가 관행보다 낮아 광폭해가림이 토양수분이 양호한 결과로 보이며 또한 누수량이 광폭해가림에서 많은 것도 토양수분에 영향을 준 것으로 보인다. 하지만 연근이 올라갈수록 광폭해가림의 경우 두둑높이 낮고 누수량이 많아 뿌리썩음병균에 취약한 결과를 보였다. 광폭해가림시설에서 두둑을 만들 때는 인삼 생육년수가 증가할수록 근장이 길어져 차후에는 두둑높이를 인삼 재배년수별로 조절해야 할 필요가 있다.

표 10. 연근별 광폭 및 관행 해가림시설의 수량조사

처리내용			재식분수 (본/3.3m <sup>2</sup> )	근중 (g)	결주율 (%)	수량 (kg/10a)
3년생 (2017)	훈증	관행	80	7.3±2.25	-	175.2
		광폭	108	10.4±3.84	-	336.9
	객토	관행	80	8.4±2.65	-	201.6
		광폭	108	9.1±3.64	-	294.8
4년생 (2018)	훈증	관행	80	10.5±4.25	18	206.6
		광폭	108	17.3±7.38	13.6	484.2
	객토	관행	80	17.1±4.17	12	361.1
		광폭	108	21.2±7.51	13	597.5
5년생 (2019)	훈증	관행	80	24.2±3.26	44.7	321.1
		광폭	108	21.4±7.34	31.5	474.9
	객토	관행	80	20.7±4.97	28.4	355.7
		광폭	108	27.4±5.32	27.2	646.2

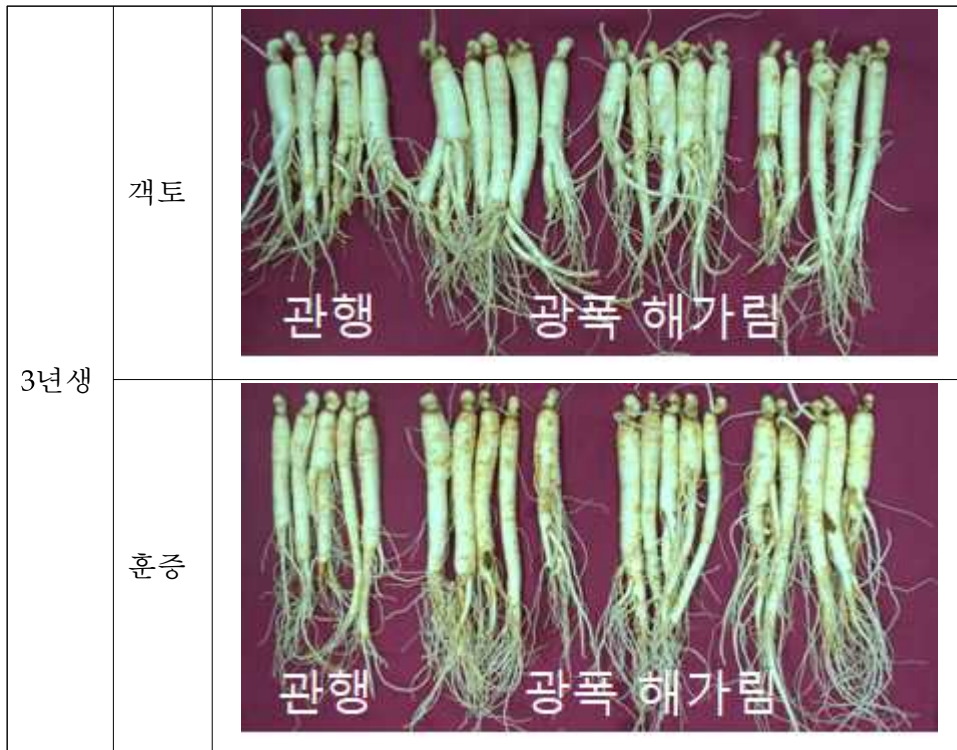


그림 10. 광폭해가림 및 관행해가림 시설 내 3년생 인삼 지하부 생육 사진



그림 11. 광폭해가림 및 관행해가림 시설 내 4, 5년생 인삼 지하부 생육 사진

표 11. 광폭 및 관행해가림 시설에서 5년근 진세노사이드 분석 결과

처리내용 mg/g, DB(161122)		Rg1	Re	Rf	Rb1	Rc	Rg2	Rb2	Rb3	Rd	Total	
혼증	관행	Mean	4.80	4.08	1.71	5.57	0.35	2.12	0.37	0.12	0.19	19.29
		SD	0.089	0.018	0.067	0.089	0.066	0.023	0.006	0.003	0.011	0.299
	광폭	Mean	2.93	3.23	1.13	4.15	0.30	2.01	0.33	0.10	0.15	14.33
		SD	0.021	0.047	0.015	0.047	0.006	0.045	0.006	0.004	0.005	0.190
객토	관행	Mean	3.26	3.51	1.26	4.93	0.48	3.09	0.39	0.14	0.24	17.31
		SD	0.035	0.004	0.029	0.001	0.037	0.035	0.000	0.015	0.000	0.078
	광폭	Mean	3.09	3.61	1.23	5.22	0.40	2.99	0.48	0.17	0.21	17.40
		SD	0.022	0.041	0.011	0.060	0.008	0.030	0.005	0.004	0.002	0.144

○ 토양 재배지별 사포닌 분석을 실시하였다. 혼증 처리구에서는 관행 해가림시설에서는 19.29mg/g, 광폭해가림 시설에서는 14.33mg/g으로 광폭해가림시설에서 낮은 진세노사이드 함량을 보였다. 객토 처리구에서는 관행 해가림시설(17.31mg/g), 광폭 해가림시설(17.40mg/g)으로 광폭해가림시설에서 높은 진세노사이드 함량을 보였다. 특히 혼증 관행 해가림에서는 Rg1, Re, Rf, Rb1 등 다른 처리구보다 높은 함량을 보였다.

표 12. 광폭해가림에서 적변율 및 결주율 특성

처리내용			적변율 (%)	결주율 (%)
3년생 (2017)	혼증	관행	2.6	-
		광폭	1.64	-
	객토	관행	3.1	-
		광폭	1.9	-
4년생 (2018)	혼증	관행	20.9	18
		광폭	7.3	13.6
	객토	관행	0.8	12
		광폭	2.8	13
5년생 (2019)	혼증	관행	10.5	44.7
		광폭	9.5	31.5
	객토	관행	17.9	28.4
		광폭	9.2	27.2

○ 본 조사는 인삼 개체 당 적변 부위의 면적으로 적변율을 산출하였다. 적변율은 혼증 및 객토 처리구에서 3년근에서는 적변이 크게 발생하지 않았지만 4년근에서는 혼증 관행처리구에서 20.9%, 5년근에서는 객토 관행처리구에서 17.9%으로 적변이 발생했다. 3년근의 경우 적변 발생 부위가 작았지만 연

수가 증가함에 따라 5년생에서는 적변 면적이 넓어진 것이 관찰되었다.

표 13. 광폭해가림에서 뿌리썩음병 이병률

처리내용	해가림	뿌리썩음병 이병률(%)			
		3년생	4년생	5년생	평균
훈증	관행	9.0 <sup>b</sup>	10.5 <sup>b</sup>	13.4 <sup>b</sup>	11.0
	광폭	4.8 <sup>a</sup>	8.1 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.6
객토	관행	5.8 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	3.9
	광폭	9.3 <sup>b</sup>	2.7 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	5.0

- DMRT 5%

○ 본 조사는 인삼 개체 당 병 발생 부위의 면적으로 이병률을 산출하였다. 이병율은 재작지 훈증시 관행해가림은 9.0%, 광폭해가림은 4.8%로 광폭해가림에서 적게 발생하였다. 이후 4년생과 5년생에서 각각 관행해가림은 13.4, 11.0%, 광폭해가림에서는 8.1, 6.9%의 이병률을 보여 전체적으로 관행해가림이 광폭해가림에 비해 2배 가까이 높은 이병률을 나타내었다. 인삼 재작지 토양훈증 시 광폭해가림이 관행해가림보다 뿌리썩음병 발생이 적었는데 이는 병 발생이 미치는 여러 요인 중 뿌리의 발달과 생장에 영향을 미치는 염류농도의 차이로 인해 발생한 것으로 보인다. 즉 과도한 염류성분으로 인해 뿌리발달이 장애를 받게 되고 이러한 환경에서는 병 발생이 심해지기 때문이다. 누수량을 보면 관행해가림보다 광폭해가림이 많은데 이는 동일 토양에서는 누수량이 많은 해가림에서 염류농도가 감소해 상대적으로 뿌리생장에 좋은 결과를 미치고 병 발생에도 영향을 준 것으로 보인다. 이와는 대조적으로 객토를 한 포장에는 훈증제 처리한 포장과 상반되는 결과를 보였는데 객토처리구에서는 3년근에서 관행해가림의 경우 5.8%의 이병률을 보였으나 광폭해가림은 이보다 높은 9.3%의 이병률을 보였다. 4년생에서는 관행해가림이 0.8%로 병 발생이 미미하였으나 광폭해가림은 2.7%의 이병율을 보여 3년근과 같이 광폭해가림이 높게 발생하였다. 5년근은 3, 4년근의 병 발생률과 다른 양상을 보였는데, 관행해가림은 5.1%에 비해 광폭해가림은 3.0%로 적은 이병률을 나타내었다. 이는 시용한 퇴비의 미부숙에 의한 결과로 보인다. 이는 퇴비의 분해과정 중 충분한 수분으로 인해 광폭해가림은 퇴비의 분해와 용탈이 빨라 식재 첫해에는 이로 인해 병 발생이 증가한 것으로 보이며 2년차는 큰 차이를 보이지 않고 3년차 5년근에서는 재작지 훈증제 처리구처럼 광폭해가림에서 병 발생이 감소한 것으로 보인다. 재작지 광폭해가림재배에서 토양훈증제를 처리시 객토처리구에 비해 상대적으로 높은 뿌리썩음병 이병률을 보였지만 관행해가림보다 유의성 있는 적은 병 발생율을 보여 적용이 가능할 것으로 보인다. 또한 객토처리구에는 초기에는 관행이 병 발생이 적었지만 이후 광폭해가림에서 병 발생이 적어 객토를 이용한 재작도 가능한 것으로 나타났다.





그림 12. 인삼 뿌리썩음병 병징 및 뿌리썩음병균

- 인삼 뿌리썩음병은 *Cylindrocarpon destructans* 에 의한 것으로 토양 내 후막포자 형태로 10년 이상 생존하며 장기간 연작장해 일으킨다. 병 발생율은 초작지에서는 4년생에 5%, 6년생에 15%정도 발생하며 재작지는 4년생에서 30%, 6년생에서 100% 발생한다. 인삼 수확 후 바로 재배 시 2, 3년생에서 대부분 부패하여 연작이 불가능하여, 재배지의 이동 및 안정화된 농업경영이 어렵다. 이를 해결하기 위해 토양훈증제 처리나 인삼을 재배하지 않은 토양을 객토하여 다시 재배하기도 한다. 본시험에서는 토양훈증을 실시한 재작지 토양에서 관행해가림 이병율이 5.8%로 광폭해가림의 발병율 9.4% 낮게 발생하였다. 이는 광폭해가림 자재 설치 시 작업공사로 인해 무처리 토양의 오염으로 높아진 것으로 판단된다. 관행해가림은 토양훈증제 처리층을 파괴하지 않고 인삼을 재배하여 이병율이 낮은 것으로 보인다. 이에 비해 초작지에서 재배한 보급형 해가림에서는 병 발생율이 2.3%로 가장 낮았다. 따라서 광폭해가림을 이용한 인삼 재배 시 처음 재배는 초작지에서 훈증재배하고 이후 재작 시 토양훈증이나 객토를 하는 것이 재작지 해가림 설치공사로 인해 토양이 오염되는 것을 막아 뿌리썩음병의 발생을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

(2) 충남지역 보급형 광폭해가림 모델 선정

(가) 충남 지역 보급형 해가림 모형 설정(포장 및 시설 규격)

- 충남 지역의 보급형 광폭해가림 하에서 인삼 재배를 위한 포장은 주기둥 설치 간격이 5×5.8m로 하였으며, 총 높이는 3.5m로 전주 3.5m 후주 2m 높이로 설계하였다. 두둑과 이랑은 100x60cm, 두둑방향은 동남 130° ~서북 310° 방향으로 선정하였다. 해가림 주기둥 사이로 두둑을 3개를 만들 수 있도록 하였다. 광폭해가림 자재의 사용은 강도, 규격 등을 안전에 적합하도록 적용하였다.

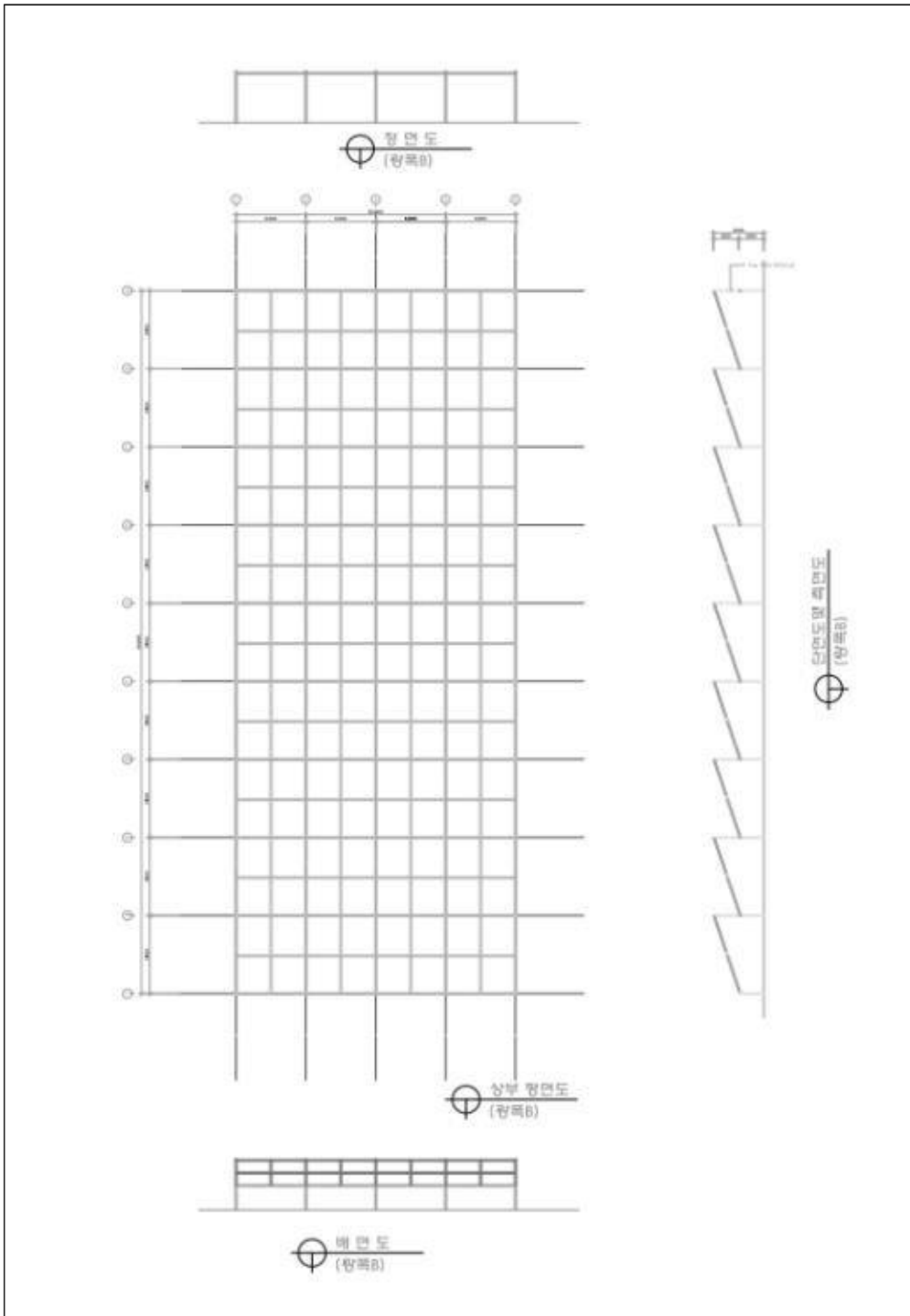


그림 13. 농가보급형 광폭해가림 설치도

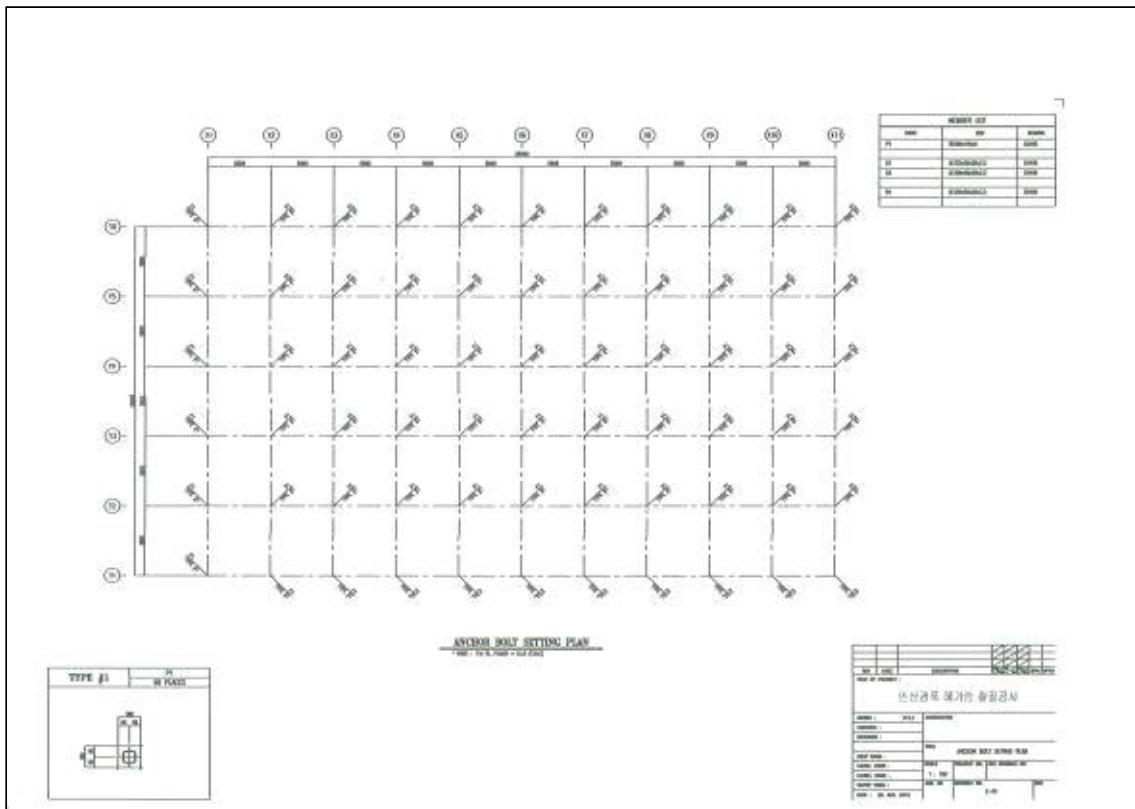


그림 14. 농가보급형 광폭해가림 앙카배치도

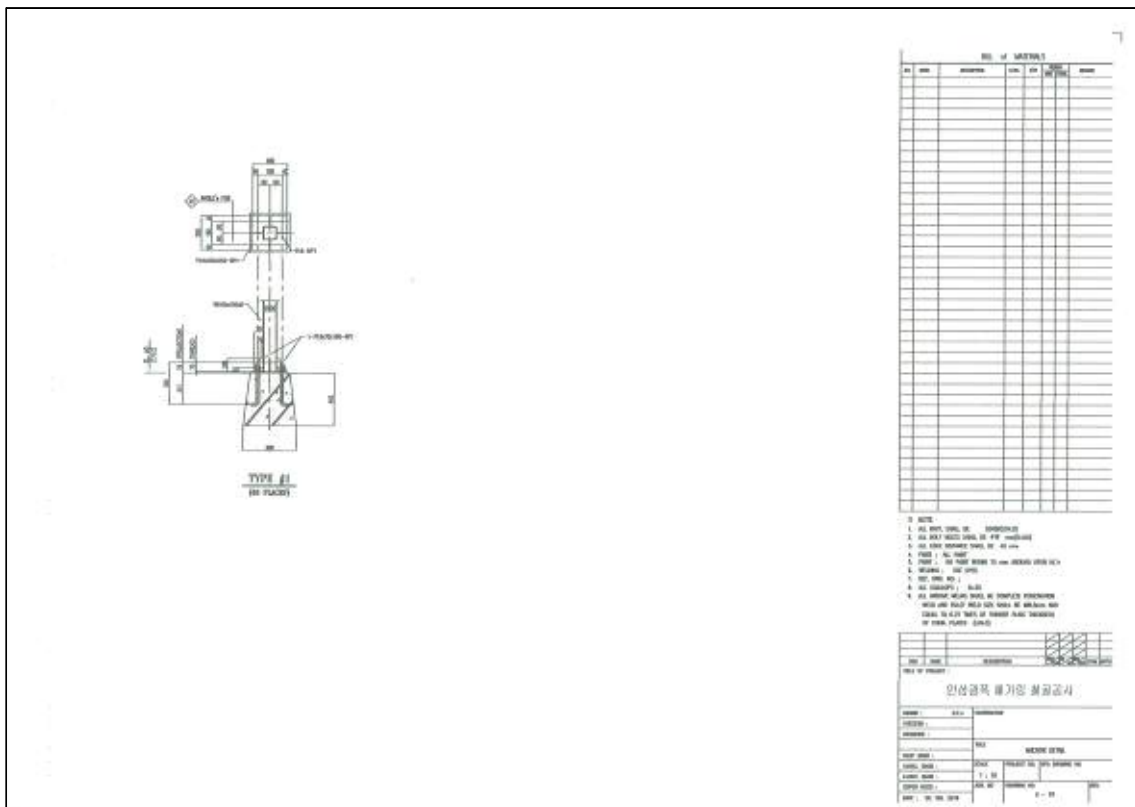


그림 15. 농가보급형 광폭해가림 앙카설치도



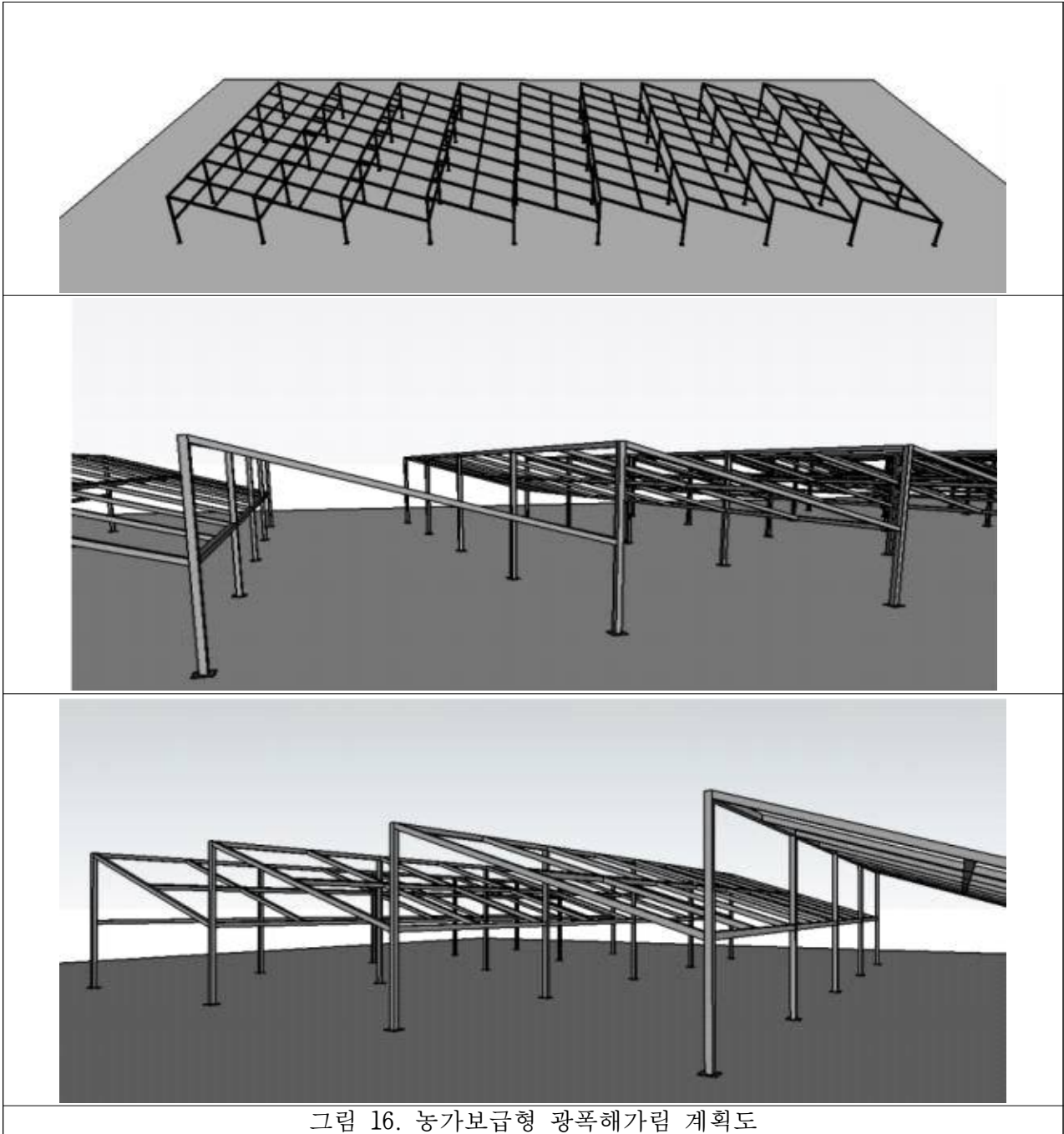


그림 16. 농가보급형 광폭해가림 계획도

- 광폭해가림의 문제점은 수고가 6m로 높아 스카이크레인 필요하여 작업비가 소요되고 아침 직광을 차단할 수 있는 차광막 추가 피복 어려우며 누수량이 많아 병 발생이 많다는 단점이 있었다. 그래서 높이가 3.5m인 보급형 해가림 시설을 개발 하였다. 보급형 해가림에서는 아침 직광과 측광을 막기 위해서 전면, 측면에 PE2중직 차광망을 추가 피복해주었고, 강수 시 상면의 PE 4중직이 빗물에 눌러 집중 누수되는 현상을 방지하기 위해 하우스 폴대를 보강하여 4중직과 광폭해가림 지주대 사이를 띄어주었다.

표 14. 보급형 해가림에서 미기상 환경 특성

조사시기		해가림종류	온도(°C)			상대습도
월	순		평균	최고	최저	
6월	하	관행	25.2±3.70	33.3	18.2	85.3±15.89
		광폭형	23.9±5.41	35.0	12.0	76.4±20.73
		보급형	25.2±3.73	34.5	18.5	84.4±17.01
7월	상	관행	23.5±4.37	36.2	15.7	87.5±15.22
		광폭형	23.0±4.87	33.4	16.3	85.6±13.25
		보급형	23.5±4.35	39.2	15.9	86.2±15.94
	중	관행	28.7±5.91	43.9	20.3	79.6±20.46
		광폭형	28.2±4.87	37.0	21.1	81.4±16.37
		보급형	29.2±6.03	43.3	20.7	77.0±22.20
	하	관행	30.3±5.83	43.8	21.2	76.8±21.75
		광폭형	29.7±4.61	38.3	21.8	78.0±17.03
		보급형	30.5±5.78	43.9	21.3	75.0±22.56
8월	상	관행	29.9±5.90	44.2	20.4	77.6±21.85
		광폭형	29.5±4.88	40.4	21.1	77.4±17.28
		보급형	29.8±5.60	42.3	20.8	76.7±21.90
	중	관행	27.9±6.25	43.4	14.6	74.4±22.37
		광폭형	27.6±5.13	38.2	15.6	71.8±17.77
		보급형	27.7±5.95	41.0	15.1	74.1±22.19
	하	관행	27.2±5.15	39.2	19.2	81.6±20.19
		광폭형	26.4±5.47	37.4	19.9	77.6±18.57
		보급형	26.8±6.07	39.1	19.5	76.8±23.76

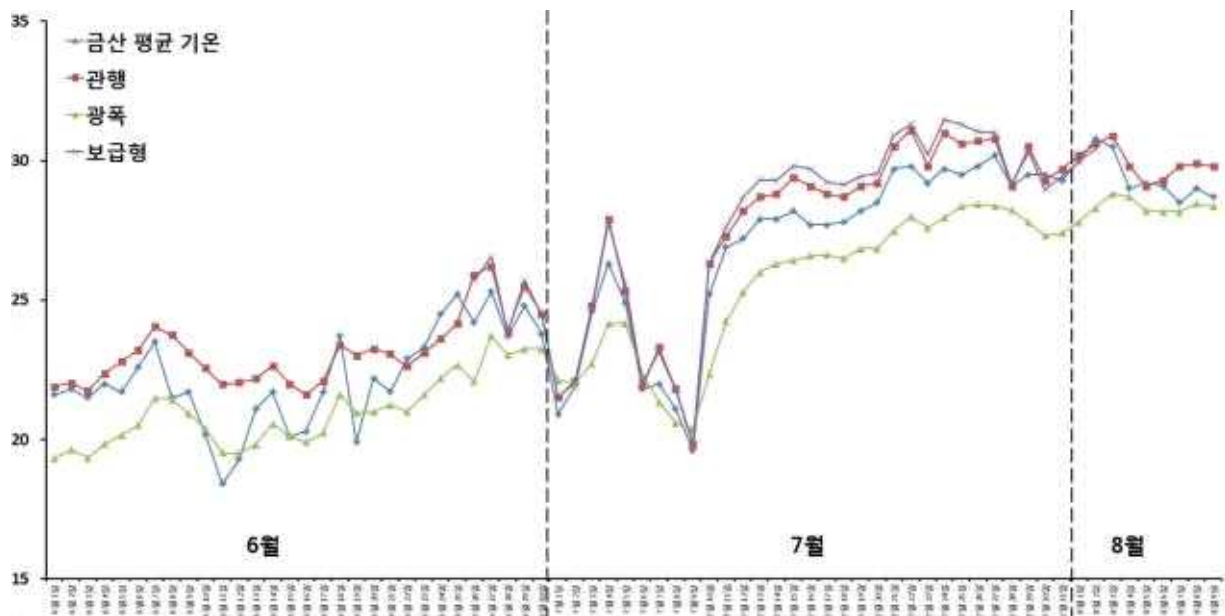


그림 17. 해가림 시설 별 월별 온도비교

- 각 해가림시설 내 기상환경은 인삼의 고온피해가 가장 많이 나타나는 6-8월 사이를 조사하였다. 최고 온도는 광폭해가림시설에서 6월 하순에 2.5℃ 정도 낮았고, 관행보다 보급형 해가림시설이 1.2℃ 정도 높았다. 7, 8월에도 평균 온도는 3해가림시설에 큰 차이 없었지만 최고 온도에서는 광폭>보급형>관행 해가림시설 순으로 낮았다. 이는 광폭해가림의 수고가 가장 높기 때문에 온도가 가장 낮았고 수고 3.5m인 보급형 해가림, 관행 순으로 높이가 낮은 순으로 온도도 낮았다.
- 보급형 해가림의 병 발생은 3년생에서 지주대와 PE 4중직이 겹치는 곳에서는 빗물이 차광망을 통해 흐리지 않고 두둑에 곧바로 떨어져 두둑을 파고 지상부에 탄저병이 발생되었다. 이를 방지하기 위해 하우스 폴대를 대주어 차광망과 지주대 사이를 띄어주어 빗물이 고이는 것을 방지했다. 또한 광폭 해가림과 마찬가지로 보급형 광폭해가림도 수고가 높기 때문에 아침광과 측광이 들어와 여름철 잎마름 피해와 엽소현상이 있어났다. 이를 방지하기 위해 전면과 측면을 PE 이중직으로 차광해주었고, 4년생에서는 큰 피해가 없었다.



빗물에 의한 탄저병 발생



< 고온에서 광에 의한 잎마름 피해 >



< 차광막으로 전주 광 차단 >



< 고온에서 측광에 의한 측면 피해 >



< 차광막으로 측명광 광 차단 >



(다) 보급형 해가림에서 인삼 생육 특성

표 15. 해가림시설 별 3, 4년생 인삼 지상부 생육특성

처리내용		경장 (cm)	경직경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
3년생	관행 해가림	13.0±2.79	3.5±0.51	7.4±0.66	3.1±0.26
	광폭 해가림	14.0±2.37	3.4±0.44	8.4±0.95	3.6±0.35
	보급형 광폭해가림	19.8±3.02	4.4±0.49	10.2±1.03	4.5±0.46
4년생	관행 해가림	21.9±4.05	4.8±0.91	12.3±1.41	5.1±0.42
	광폭 해가림	23.2±3.59	4.8±1.87	12.6±1.87	5.3±0.71
	보급형 광폭해가림	39.7±3.31	7.4±0.73	15.6±1.62	6.2±0.64

○ 3년생의 농가 보급형 광폭해가림에서는 관행, 광폭해가림보다 지상부 생육이 우수하였다. 보급형 해가림은 PE4중직으로 상면 차광과 PE2중직으로 측면 및 전면의 차광하여 광이 부족하여 경장 등이 자란 것으로 사료된다. 결주율은 관행과 광폭해가림은 바람에 의한 점무늬병 및 누수에 의한 탄저병 등 병 발생이 많아 결주율이 4년생 12%가 발생하였지만 농가 보급형 광폭해가림 시설에서는 8% 발생되었다.



그림 18. 보급형 광폭해가림 3년생 인삼 지상부 생육상황



그림 19. 보급형 광폭해가림 4년생 인삼 지상부 생육상황

표 16. 광폭해가림 시설 별 광합성 속도(2019년)

광합성속도 ( $\mu\text{mole CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ )		관행해가림	광폭해가림	농가보급형 광폭해가림
광량	0	-0.62	-0.52	0.38
	50	0.45	0.69	0.42
	100	0.36	1.28	1.09
	200	0.38	1.07	1.70
	300	0.73	1.02	1.51
	400	0.82	1.21	1.57
	500	0.82	1.20	1.68

\*조사 시기 : 2019년 7월 중순

- 인삼 해가림 별 지하부 3년생 생육을 조사하였다. 3년생의 근중은 농가 보급형 해가림시설은 관행, 광폭해가림시설보다 약 25%는 증체 되었다. 4년생 근중은 관행, 광폭해가림 대비 농가 보급형 해가림시설에서 30% 증체 되었다. 농가보급형 해가림은 직광을 막아주어 고온피해가 일어나지 않았으며 빗물 유입에 의한 병 발생도 낮아서 관행, 광폭해가림보다 수량이 늘어난 것으로 사료된다. 하지만 상면에 차광한 PE4중직의 경우, 수광율이 10%인 10,000lux로 고온기인 7~8월을 제외하면 광부족 상태이다. 농가보급형 광폭해가림시설에서 인삼 생육에 적합한 수광율과 빗물유입을 막아주는 새로운 차광자재를 개발·선발하게 된다면 최대 수량을 얻을 수 있다.

표 17. 해가림시설 별 인삼 지하부 생육특성

처리내용		근장 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g)	적변율 (%)	이병율 (%)
3년생	관행 해가림	15.4±3.19	13.0±2.25	8.4±2.65	3.1	5.8
	광폭 해가림	15.8±3.78	12.8±2.74	9.1±3.64	2.0	9.4
	보급형 광폭해가림	20.4±3.15	13.6±2.54	11.1±3.25	5.0	2.3
4년생	관행 해가림	25.7±1.97	16.1±1.91	27.1±4.17	0.8	0.8
	광폭 해가림	24.9±3.02	16.8±2.64	28.2±7.51	2.7	2.8
	보급형 광폭해가림	24.3±2.67	20.6±2.81	30.3±6.77	1.5	0.6

\*조사 시기 : 2018-2019년 9월

- 본 조사는 인삼 개체 당 적변이나 뿌리썩음병 발병의 면적으로 적변율과 이병률은 산출하였다. 3년생 적변율은 3시설 모두 낮은 적변율을 조사되었고, 연수가 증가한 4년근에서도 적변은 심

하게 발병하지 않았다. 3년생 뿌리썩음병 발병의 경우, 광폭해가림에서 9.4%으로 발생하였지만 4년생에서는 개체 당 1~2군데 제외하고 뿌리썩음병이 발병하지 않았다. 농가 보급형 광폭해가림은 두둑을 30cm이상 높게 만들어 빗물이 고여있지 않고 배수가 잘되어 적변과 뿌리썩음병 피해가 적었고 뿌리썩음병에 피해 받은 개체와 달리 잔뿌리 생육도 3시설 모두 정상적으로 발달했다.

표 18. 연근별 해가림 시설별 수량평가

처리내용		재식본수 (본/3.3m <sup>2</sup> )	근중 (g)	결주율 (%)	수량 (kg/10a)
3년생	관행 해가림	80	8.4±2.65	-	201.6
	광폭 해가림	108	9.1±3.64	-	294.8
	보급형 광폭해가림	108	11.1±3.25	-	359.6
4년생	관행 해가림	80	27.1±4.17	12	572.3
	광폭 해가림	108	28.2±7.51	13	794.9
	보급형 광폭해가림	108	30.3±6.77	8	903.1



그림 20. 해가림시설 별 3년생 인삼 지하부 생육특성



그림 21. 해가림시설 별 4년생 인삼 지하부 생육특성

(라) 보급형 해가림 경제성 분석

표 19. 광폭해가림시설 별 시설비 단가 비교

	규격	길이	수량	TOTAL/W	단가	합계	비고
관행 해가림	기둥	240cm	360	-	1100	396,000	300평
	서까래	240cm	330	-	1100	363,000	
	보조서까래	180cm	660	-	1100	726,000	
	도리	210cm	660	-	1100	726,000	
	PE 차광망	100m	6	-	65000	390,000	
	PE 차광망	100m	6	-	38000	228,000	
	PE 차광망	100m	3	-	22000	66,000	
	타정기못	60mm	1	-	56000	56,000	
	탁카핀	13mm	2	-	6000	12,000	
	총액						
광폭 해가림	H-200x100x5.5x8	10	34	10,200	550	5,610,000	400평
	H-200x100x5.5x8	12	28	14,500	560	8,120,000	
	H-250x125x6x9	12	20	7,104	580	4,120,320	
	PP60.5x3.65	3	80	1,522	648	986,256	
	PP101.6x4.05	3	65	1,899	648	1,230,552	
	기초(300x400x500)	-	80	-	31,500	2,520,000	
	각종 plate	-	-	4,500	650	2,925,000	
	sub steel	-	-	14,600	100	1,460,000	
	웬스	2	60	-	11,250	675,000	
	RB16	10	118	1,550	680	1,054,000	
	Bolt(M10)	-	350	0	585	204,750	
	Bolt(M16)	-	1,800	0	850	1,530,000	
	Sending	-	2,300	0	1,000	2,300,000	
	Paint	-	4,645	0	2,000	9,290,000	
	PE 4중직	50*3	4	-	75,000	300,000	
	PE 2중직	50*3	4	-	50,000	200,000	
총액						42,075,878원	
보급형 광폭해 가림	TB-100x100x2.3	3.5	48	-	103,200	4,953,600	300평
	TB-100x100x2.3	5.9	40	-	64,070	2,562,800	
	TB-100x100x2.3	4.9	70	-	48,290	3,380,300	
	TB-100x100x2.3	4.8	35	-	48,290	1,690,150	
	M12	50	600	-	770	462,000	
	66개소	0.4	66	-	27,500	1,815,000	
	PE 4중직	50*3	4	-	75,000	300,000	
	PE 2중직	50*3	4	-	50,000	200,000	
	총액						

○ 기 개발된 광폭해가림과 농가 보급형 광폭해가림 시설 철골공사 단가를 비교해본 결과, 기존 광폭해가림 경우에는 400평 기준 42,075,878원이 소요되었고, 보급형 광폭해가림의 경우에는 300평 기준 15,363,850원이 소요되었고 관행해가림시설은 300평당 2,963,000원이 소요되었다. 평당 단가는 기존 광폭해가림의 경우 105,189원/평이었고, 보급형해가림의 경우에는 51,212원/평으로 철골 자재비가 50%정도 절감 되었다. 관행해가림시설은 9,876원/평 시설비가 소요되었고 보급형 해가림시설 재배와 비교 했을 시 5배의 차이가 발생한다.



- 농가 보급형 광폭해가림시설의 식재면적은 10cm×18cm(9×10본=90본/2.88㎡)으로 관행해가림 식재면적 10cm×18cm(8×10본=80본/3.24㎡)에 대비해 약 25% 토지이용률이 높아진다. 또한 재작지에서 연속재배 시 관행해가림에서 4년생 기준 572kg/10a를 수확하였을 경우 1,907만원/10a을 소득이 발생한다. 광폭해가림 시설에서는 근중 28.2g에 수량 794.9kg/10a를 수확할수 있고, 총 수입 2,649만원/10a이 발생하였다. 농가 보급형 광폭해가림시설은 4년생 903.1kg/10a를 수확했을 때 3,010만원/10a의 소득이 발생했다. 토양 이용률이 높고 인삼 생육이 좋은 농가보급형 해가림에서 가장 많은 수입이 발생했고, 광폭해가림, 관행해가림시설 순으로 수입이 발생하였다.

표 20. 해가림시설별 수량 및 총수입

해가림종류	근중 (g)	수량 (kg/10a)	총수입
관행해가림	27	572.3	19,078,400원
광폭해가림	28.2	794.9	26,496,720원
농가보급형 광폭해가림	30.3	903.1	30,106,080원

\* 750g(1차) 당 25,000원 : 금산군 가격동향(2019. 11.)

- 광폭해가림 시설에서 재배지 고정을 위해 연속재배를 위해서는 객토 또는 훈증제처리가 필요하다. 본 연구에서는 훈증제처리보다 객토처리구에서 다 나온 생육상태가 조사되었으며, 고정재배를 위해서 객토비 3,300,000원/10a가 필요하며 고정화 시설이기 때문에 이동경작비가 소요되지 않는다. 관행해가림의 경우 연속재배가 어렵고 객토나 훈증처리 하려면 해가림시설을 철거를 해야 되기 때문에 추가인건비가 발생한다. 또한 다른 지역으로 이동하여 인삼재배를 할 경우 이동경작비용, 초작지 임차하는 비용 등 1,500천원이 발생한다.

표 21. 관행 및 농가보급형 광폭해가림 시설 생산비 내역(10a) (단위:천원)

해가림종류	시설비	설치인건비	객토비	이동경작비	계
관행해가림	2,963	400	-	1,500	4,863
광폭해가림	31,556	1,500	3,300	-	36,356
농가보급형 광폭해가림	15,363	1,200	3,300	-	19,863

\* 참고 : 표준인삼경작방법(후주연결식 A형 해가림)

- 농가 보급형 광폭해가림시설은 1회 재배시 조수입은 10,243만원이 발생하고 광폭해가림은 9,864만원이 손해가 발생하고, 관행해가림은 가장 많은 14,215만원의 조수입이 발생한다. 농지고정화, 경지이용률 및 생력화 등 장점을 감안하면 농가 보급형 광폭해가림시설은 2회 재배 시 관행해가림시설 대비 861만원(24%) 수입이 발생한다. 광폭 해가림의 경우 생산비가



많이 들어가기 때문에 3회 재배를 하더라도 관행해가림의 수입에 모자란다. 농가보급형 광폭해가림시설에서 수익을 극대화하기 위해서는 적합한 재배법 개발로 최대수량을 수확하거나 생산비가 절감된 새로운 모델 개발이 필요하다.

표 22. 관행 및 농가보급형 광폭해가림시설의 순수입 비율 (단위:천원)

해가림종류		경작 횟수			합계
		1회	2회	3회	
관행해가림	생산비(A)	4,863	4,863	4,863	14,589
	조수입(B)	19,078	19,078	19,078	57,234
	순수입(B-A)	14,215	14,215	14,215	42,645
광폭해가림	생산비(A)	36,356	3,300	3,300	42,956
	조수입(B)	26,492	26,492	26,492	79,476
	순수입(B-A)	-9,864	23,192	23,192	36,520
농가보급형 광폭해가림	생산비(A)	19,863	3,300	3,300	26,463
	조수입(B)	30,106	30,106	30,106	90,318
	순수입(B-A)	10,243	26,806	26,806	63,855

## <제 1협동 : 경기지역 인삼 광폭해가림의 적응성 평가 및 최적 모델 개발>

### 가. 재료 및 방법

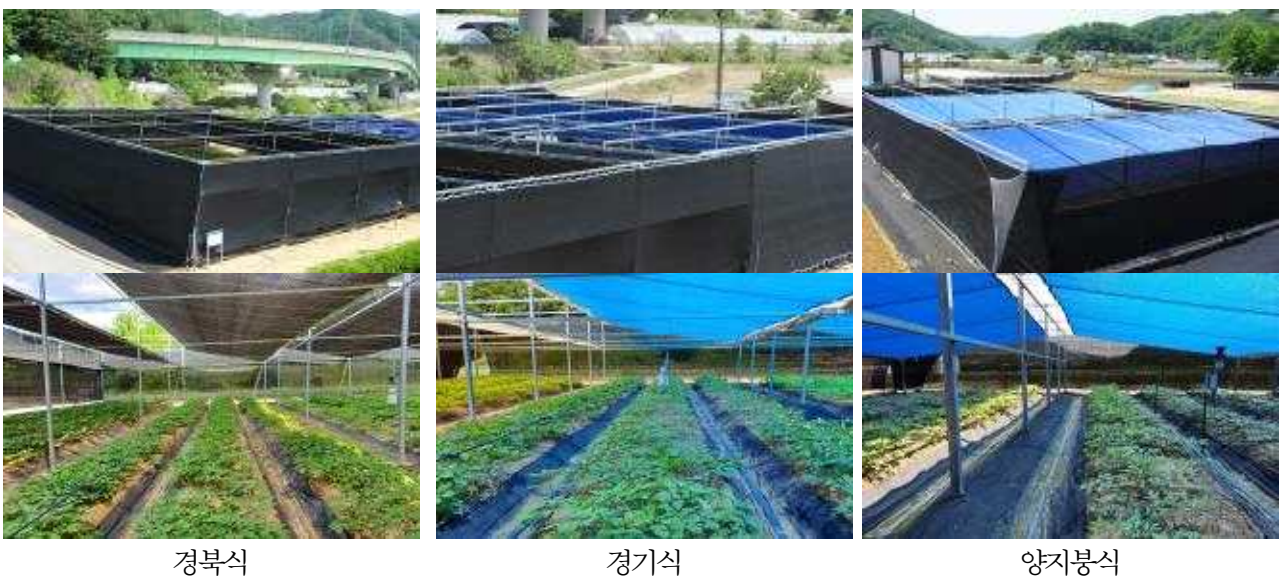
2015년~2016년 수단그라스와 호밀로 시험포를 예정지 관리 하였고, 여름철에 포장을 15회 정도 기경 하였다(농촌진흥청, 2009, 2010). 2016년 광폭해가림 시설을 표 1과 같이 모델별로 설치하였다. 2017년에 두둑 110cm, 고랑 70cm, 높이 30cm로 포장을 조성하였다. 경북식 흑색 그늘막, 경기식와 양지붕식은 청색그늘막을 2017년 4월 중순에 설치하였다. 경기식은 여름철 고온기(7~8월)에 알루미늄스크린40%를 설치하였다.

표 1. 광폭해가림 시설 모델별 설치 규격

해가림 유형	규격(m)				해가림자재	차광율 (%)	개발기관
	길이	폭	간격	높이			
경북식	24	5.5	6.0	4.5	LDPE 흑색그늘막	90	경북도원
경기식	18	7.0	3.0	3.8	HDPE 청색그늘막	85	경기도원
양지붕식	15	7.0	3.0	3.5	HDPE 청색그늘막	85	원특원 인삼과

※ 해가림 자재 : 흑색그늘막 90%(LDPE, 저밀도폴리에틸렌), 청색그늘막 85%(HDPE, 고밀도폴리에틸렌)

2017년 4월 상순에 혼계재래종 2년생 재목이 묘삼을 이식하였다. 재식밀도는 9행×9열(1.98 m<sup>2</sup>)로 하였다. 4월 하순부터 기상환경(온도, 습도, 토양수분, 광량, 강우량)을 측정하였고 여름철에는 열화상과 광스펙트럼을 측정하였다. 모델별 지상부 생육(초장, 경장, 엽장 등)과 지하부 생육(근장, 동장, 근중 등) 특성을 조사하였다(농촌진흥청, 2012).



※ 연천의 지리적 위치 : 위도 38.17, 경도 127.10, 고도 105m

그림 1. 모델별 광폭해가림시설 전경 및 지상부 생육

인삼 광폭해가림 시설(길이:31m, 높이:3.5m, 폭:7m)에 적합한 차광자재 선별하기 위해서 해가림 자재(HDPE청색그늘막)인 85%차광(200g/m<sup>2</sup>), 90%차광(220g/m<sup>2</sup>)과 피복재(차광망 40%)인 PE검정 차광망, 알루미늄 스크린을 처리하였다.

표 2. 광폭해가림 시설내 해가림 처리내용

처리 번호	처 리 내 용		처리시기
	1차 해가림자재	2차 고온경감 피복재	
T1	HDPE청색그늘막	PE검정차광망 40%	2차 피복재 외부기상 30℃이상 (7월 상순~8월 하순)
T2	85%차광(200g/m <sup>2</sup> )	알루미늄 스크린 40%	
T3	HDPE청색그늘막	PE검정차광망 40%	
T4	90%차광(220g/m <sup>2</sup> )	알루미늄 스크린 40%	



그림 2. 광폭해가림 시설별 지상부 생육  
 청색그늘막 85% +검정차광망 40%    청색그늘막 85% +알루미늄스크린 40%    청색그늘막 90% +검정차광망 40%    청색그늘막 90% +알루미늄스크린 40%

나. 인삼 광폭 해가림 시설 구조 안정성 조사

1) 내구연한

- 인삼의 재배기간을 고려한 경제성에 근거
- 인삼 재배기간 : 5~6년
- 사용횟수 : 4회
- 사용연한 : 30년 기준

2) 풍속

- 인삼 해가림시설은 정착농업과 대형 기계작업과 계절성 강풍을 고려하여 시설의 높이가 3.5~4.0m로 높음.
- 인삼이 주 재배지역이 전국적이라는 점을 고려해 최대풍속 적용
- 풍속 : 최대 순간풍속 32m 기준
- 구조해석결과에 기준하여 광폭 해가림에 적합함

3) 시설 내 미세기상 측정

- 향후 설치될 비가림시설에 대한 사전연구 및 환경연구기준 마련
- 기존 연구중인 광폭해가림시설 내에서 온습도, 광량, 누수량 조사
- 기온 : 외기 대비 약 1℃ 상승
- 습도 : 외부 대비 1~5%내 높음
- 광량 : 외부 대비 7~12% 수준
- 누수량 : 5~25%(차광여부에 따라 다름)

4) 광폭해가림시설 건축

o 광폭해가림시설 모델별 설치공사

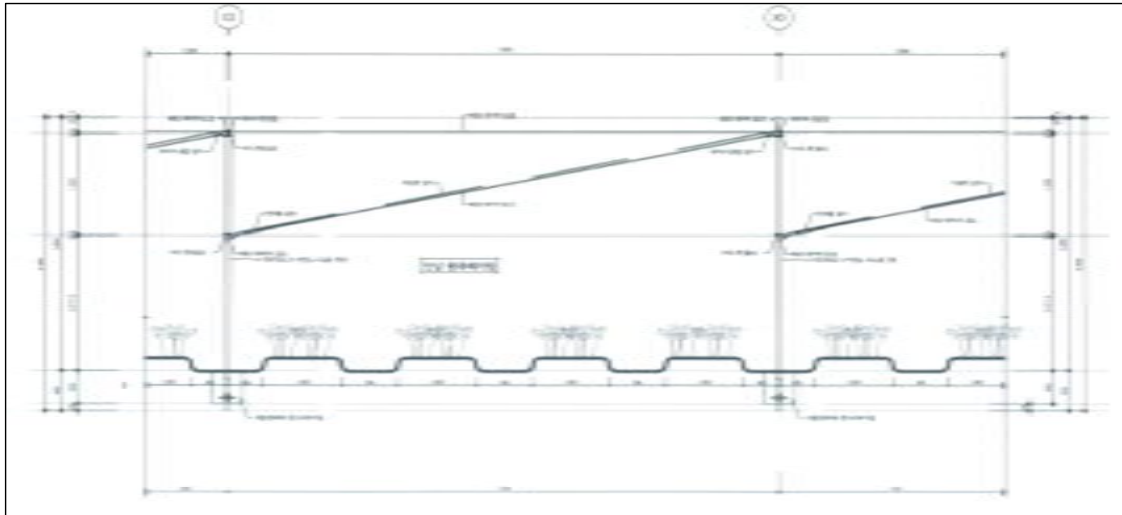


그림 3. 경기지역 광폭해가림 측면도

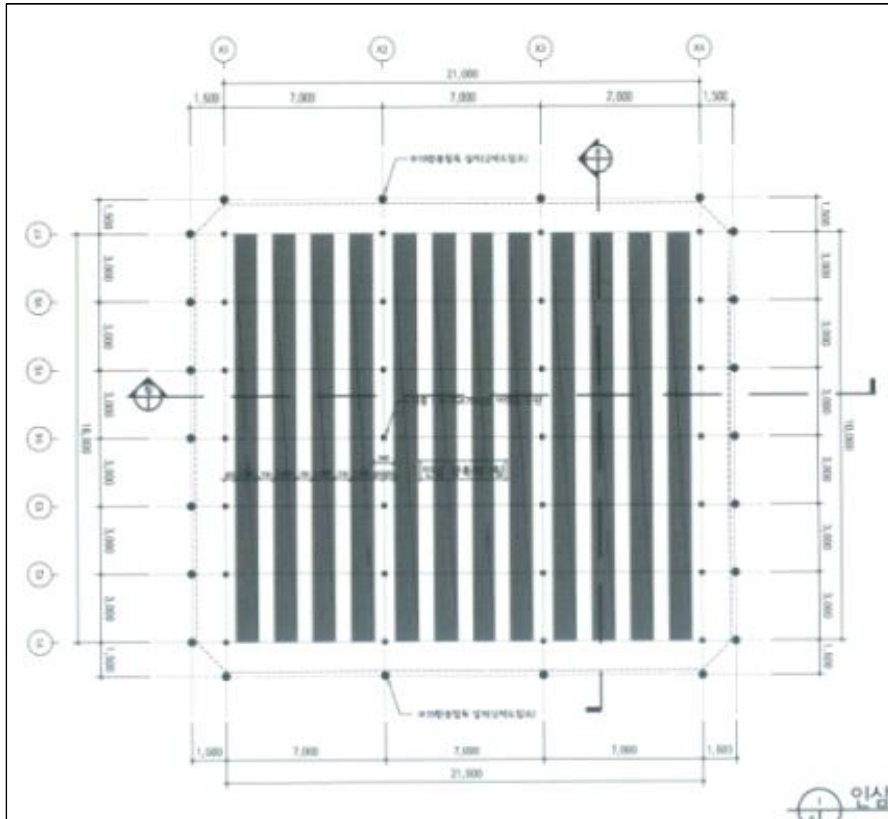


그림 4. 경기지역 광폭해가림 평면도 1

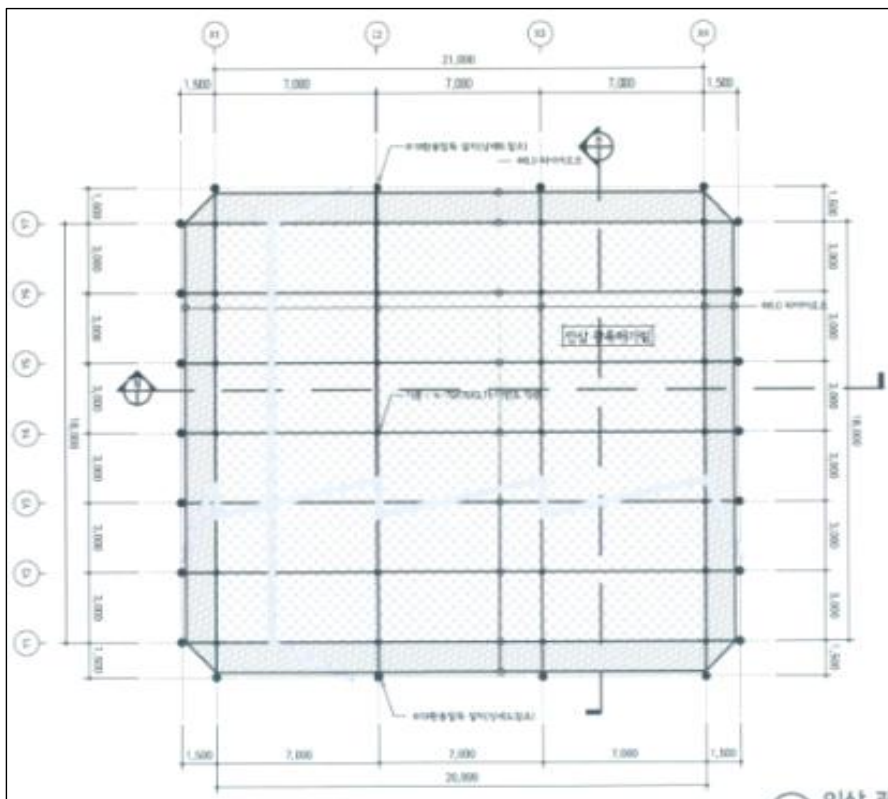


그림 5. 경기지역 광폭해가림 평면도 2



다. 해가림 시설 미기상 환경

1) 모델별 시설내 기상

광폭해가림 시설 모델별 미기상 조사한 결과는 표 2와 같다. 7~8월 여름철 고온기 최고온도는 경북식, 경기식, 양지붕식 모두 비슷하였으나 시설내부 공간이 넓어 외부 보다는 낮게 나타났다. 2019년 7~8월 고온기 알루미늄스크린40%를 설치한 7월 하순 강수량이 297mm 일 때 경사식 II의 누수량이 0mm로 다른 처리구에 비하여 적었다.

표 3. 광폭해가림 시설 모델별 미기상

<2017년>

순별	모델명	온도(°C)			상대습도 (%)	토양수분 (%)	퀀텀 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저				
4월 하순	경북식	13.0	22.0	2.3	64.9	27.7	63.4	0.0
	경기식	13.1	22.4	2.3	64.9	29.3	55.6	0.0
	양지붕식	13.3	22.4	2.7	66.1	17.2	45.9	0.0
	외부	12.9	21.2	3.3	63.2	-	832	0.0
5월 상순	경북식	16.6	24.9	7.3	61.4	25.7	59.4	2.1
	경기식	16.8	25.5	7.3	60.7	22.2	44.6	1.9
	양지붕식	16.8	25.5	7.5	66.1	17.2	45.9	1.7
	외부	16.9	21.4	8.3	63.8	-	745.0	9.8
5월 중순	경북식	16.1	24.9	8.3	77.4	25.8	60.9	7.7
	경기식	16.9	24.9	8.3	65.4	22.5	46.1	5.1
	양지붕식	16.9	24.9	8.5	76.5	19.9	44.6	8.2
	외부	16.8	25.8	7.7	74.1	-	725.0	16.2
5월 하순	경북식	18.8	26.6	10.1	72.6	24.4	69.5	2.4
	경기식	18.9	29.6	10.0	72.1	21.8	51.2	1.7
	양지붕식	19.0	26.8	10.3	72.1	19.3	51.4	0.8
	외부	19.0	28.2	9.0	69.2	-	830.0	9.0
6월 상순	경북식	19.3	26.0	11.2	69.9	30.8	72.3	3.1
	경기식	19.3	26.3	11.1	70.0	22.3	33.3	3.1
	양지붕식	19.4	26.2	11.4	69.5	18.2	33.5	1.5
	외부	19.7	27.8	12.0	66.7	-	807.0	14.7
6월 중순	경북식	21.1	29.1	12.8	69.8	25.1	84.7	1.8
	경기식	21.7	30.0	12.8	69.6	22.5	35.6	1.3
	양지붕식	21.8	30.0	13.2	69.7	18.2	37.2	0.8
	외부	22.0	31.3	13.2	66.2	-	829.0	4.8
6월 하순	경북식	24.0	31.8	17.6	77.4	28.2	71.4	5.7
	경기식	24.1	31.0	17.8	76.9	25.4	28.5	4.1
	양지붕식	24.8	31.9	18.5	76.5	18.4	29.2	2.6
	외부	24.3	31.9	18.5	76.2	-	605.0	15.7

순별	모델명	온도(°C)			상대습도 (%)	토양수분 (%)	광량 ( $\mu\text{ mol/m}^2/\text{s}$ )	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저				
7월 상순	경북식	25.2	30.1	21.8	87.4	15.4	51.6	78.0
	경기식	25.2	30.1	21.8	87.2	30.8	32.7	51.6
	양지붕식	25.1	29.9	21.8	87.6	25.6	22.7	64.5
	외부	26.1	31.3	22.6	85.5	-	412	240.4
7월 중순	경북식	26.4	31.7	22.7	86.5	31.8	64.2	7.8
	경기식	26.3	31.7	22.6	86.2	41.8	61.2	11.7
	양지붕식	26.3	31.9	22.7	85.8	27.9	43.2	3.8
	외부	27.1	32.1	23.2	83.0	-	512.0	31.9
7월 하순	경북식	25.4	29.2	22.7	88.6	31.4	38.1	64.5
	경기식	25.2	29.0	22.6	89.54	39.6	22.0	87.0
	양지붕식	25.2	30.1	23.3	87.1	30.5	25.1	40.9
	외부	26.1	30.1	23.3	87.1	-	314.0	217.9
8월 상순	경북식	26.9	27.4	26.4	83.2	40.4	21.8	3.9
	경기식	26.8	27.3	26.3	83.0	23.3	36.3	3.9
	양지붕식	26.8	27.4	26.3	83.2	28.8	27.7	4.4
	외부	27.1	27.7	26.4	78.0	-	662.0	16.3
8월 중순	경북식	23.1	24.0	23.3	84.6	29.5	18.	34.5
	경기식	23.5	24.0	23.2	84.2	37.0	15.6	60.1
	양지붕식	23.7	23.8	23.1	85.0	28.3	18.1	16.8
	외부	23.7	28.1	23.0	79.5	-	457.0	164.1
8월 하순	경북식	21.1	21.5	20.7	89.0	27.3	26.2	25.8
	경기식	21.0	21.4	20.6	88.78	38.6	16.5	25.8
	양지붕식	21.1	21.5	20.7	88.2	30.6	19.9	21.3
	외부	21.2	27.4	16.6	84.7	-	454.0	90.9

<2018년>

순별	모델명	온도(℃)			상대습도 (%)	토양수분 (%)	퀀텀 ( $\mu \text{ mol/m}^2/\text{s}$ )	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저				
4월 하순	경북식	12.7	27.6	-0.4	71.2	29.9	48.7	53.3
	경기식	12.5	26.5	-0.5	72.6	18.6	35.9	10.7
	양지붕식	12.8	25.7	0.3	70.7	16.1	27.7	3.6
	외부	13.3	27.9	0.9	64.1	-	327.0	60.0
5월 상순	경북식	14.3	27.8	7.3	76.1	26.0	48.4	6.9
	경기식	14.1	27.2	3.8	77.1	17.4	36.0	6.3
	양지붕식	14.3	28.0	4.0	77.5	16.0	27.2	2.5
	외부	15.4	29.0	4.9	69.7	-	318.0	7.8
5월 중순	경북식	16.5	30.7	6.5	82.0	29.0	37.9	39.7
	경기식	16.5	29.4	3.8	83.0	17.4	36.0	6.3
	양지붕식	16.4	30.1	7.0	83.6	18.2	20.8	15.8
	외부	17.6	31.1	7.6	75.0	-	250.0	143.0
5월 하순	경북식	18.5	31.7	6.8	74.5	26.8	61.5	4.6
	경기식	18.3	30.7	6.8	74.8	18.8	48.0	4.7
	양지붕식	18.7	32.7	7.1	73.8	17.9	57.2	0.5
	외부	19.2	32.1	8.2	67.7	-	424.0	18.5
6월 상순	경북식	21.2	33.7	11.0	73.9	24.8	57.9	0.0
	경기식	21.0	32.1	11.0	74.8	17.5	46.0	0.0
	양지붕식	21.6	34.6	11.3	73.0	17.4	60.9	0.0
	외부	22.2	34.2	12.5	67.9	-	434.0	0.0
6월 중순	경북식	20.7	32.4	11.5	76.3	26.0	54.4	9.1
	경기식	20.5	30.9	11.7	77.5	19.7	44.2	7.9
	양지붕식	21.1	33.1	12.0	76.1	19.5	54.7	3.8
	외부	21.3	32.5	13.3	72.1	-	370.0	34.5
6월 하순	경북식	22.9	34.5	13.7	80.9	28.4	49.9	27.7
	경기식	22.8	32.9	13.8	81.6	18.9	40.1	25.9
	양지붕식	23.3	35.5	14.0	79.9	20.2	50.3	10.9
	외부	23.6	34.4	14.8	72.2	-	339.0	95.5
7월 상순	경북식	22.2	34.5	14.3	82.9	31.2	40.3	20.0
	경기식	22.2	33.5	14.5	83.9	19.3	32.5	18.8
	양지붕식	22.4	36.4	14.7	83.2	20.7	40.2	7.9
	외부	23.1	35.3	15.8	74.7	-	290.3	94.0
7월 중순	경북식	26.0	34.4	19.9	84.9	29.9	36.6	8.4
	경기식	25.9	33.9	19.8	85.6	19.3	41.4	8.4
	양지붕식	25.9	34.5	20.1	84.1	22.6	59.4	2.3
	외부	26.7	35.6	20.8	75.1	-	369.7	35.5

<2018년>

순별	모델명	온도(°C)			상대습도 (%)	토양수분 (%)	퀀텀 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저				
7월 하순	경북식	29.0	38.3	19.5	75.7	26.3	38.2	0.0
	경기식	28.9	37.7	19.3	77.0	17.8	46.2	1.5
	양지붕식	29.1	38.6	19.7	75.8	20.9	67.3	1.0
	외부	29.9	39.0	20.3	69.8	-	453.2	6.0
8월 상순	경북식	29.6	40.5	22.3	76.8	26.8	36.9	0.0
	경기식	29.4	39.3	22.2	78.1	18.6	43.8	2.8
	양지붕식	29.5	40.8	22.4	77.3	21.9	62.6	1.8
	외부	30.3	41.4	23.2	72.6	-	399.4	14.0
8월 중순	경북식	27.0	37.6	15.4	73.0	25.6	35.8	0.0
	경기식	26.9	36.7	15.2	74.0	18.1	42.5	3.3
	양지붕식	27.1	37.5	15.5	73.0	21.6	61.0	0.5
	외부	27.9	38.0	16.2	69.5	-	415.8	12.0
8월 하순	경북식	27.1	34.6	17.7	85.0	27.4	25.4	3.0
	경기식	23.9	33.8	17.7	86.0	19.7	29.8	114.8
	양지붕식	24.1	34.4	18.5	86.0	24.4	39.8	57.7
	외부	24.9	34.8	18.1	77.9	-	270.2	388.5

<2019년>

순별	모델명	온도(°C)			상대습도 (%)	토양수분 (%)	광량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저				
4월 하순	경북식	13.4	30.9	-1.3	74.0	12.3	193.2	5.5
	경기식	13.4	31.0	-0.8	74.0	7.8	167.4	2.5
	양지붕식	13.7	30.5	-0.6	72.0	12.6	159.6	0.0
	외부	14.5	30.3	0.5	70.0	-	277.0	5.0
5월 상순	경북식	14.6	28.5	0.0	62.0	11.8	42.0	0.0
	경기식	15.0	30.5	0.0	62.0	7.4	73.4	0.0
	양지붕식	15.4	30.8	0.2	59.0	12.3	59.4	0.0
	외부	16.6	29.9	1.4	56.1	-	440.0	0.0
5월 중순	경북식	18.0	29.7	6.1	73.0	11.6	37.2	19.0
	경기식	18.3	32.0	6.0	71.0	7.7	58.0	4.8
	양지붕식	18.5	32.0	6.0	70.0	12.6	45.9	0.3
	외부	19.5	31.6	7.9	66.6	-	359.0	21.5
5월 하순	경북식	17.7	32.1	6.2	74.0	11.8	44.0	5.8
	경기식	18.2	34.3	6.2	72.0	8.2	66.8	0.3
	양지붕식	18.3	34.4	6.5	71.0	13.1	55.6	0.0
	외부	19.3	35.4	7.7	67.2	-	422.0	13.0

<2019년>

순별	모델명	온도(°C)			상대습도 (%)	토양수분 (%)	광량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저				
6월 상순	경북식	19.3	29.9	9.1	78.0	11.7	41.2	8.9
	경기식	19.7	31.3	9.1	77.0	7.7	56.7	7.4
	양지붕식	19.7	30.8	9.6	76.0	14.6	46.4	1.8
	외부	20.6	31.8	10.6	73.2	-	364.0	18.5
6월 중순	경북식	20.0	29.4	10.0	80.0	12.1	43.3	12.4
	경기식	20.4	31.8	9.9	78.0	8.1	61.9	9.7
	양지붕식	20.6	31.5	10.1	77.0	15.1	52.7	2.8
	외부	21.4	31.3	11.5	73.6	-	395.0	29.0
6월 하순	경북식	23.0	33.5	12.5	76.0	12.5	43.9	0.0
	경기식	23.2	35.5	12.4	75.0	8.3	60.0	0.0
	양지붕식	23.4	36.0	12.9	74.0	15.2	50.6	0.0
	외부	24.3	35.8	14.0	71.7	-	383.0	0.0
7월 상순	경북식	24.0	35.5	15.1	69.0	11.9	45.1	0.3
	경기식	24.1	37.0	15.0	67.0	7.8	60.9	0.0
	양지붕식	24.1	36.1	15.5	67.0	15.8	53.9	0.0
	외부	25.2	37.4	16.6	65.8	-	417.3	1.5
7월 중순	경북식	24.1	35.4	17.8	83.0	13.4	37.0	27.9
	경기식	24.2	35.6	17.8	81.0	7.9	33.3	0.0
	양지붕식	24.2	35.4	17.9	81.0	16.7	50.1	5.3
	외부	25.5	37.9	19.1	76.9	-	301.6	44.5
7월 하순	경북식	25.5	34.4	21.9	93.0	16.5	18.9	188.7
	경기식	25.5	34.1	21.8	92.0	10.3	17.5	0.0
	양지붕식	25.5	33.7	22.1	92.0	21.4	20.0	32.0
	외부	26.9	36.2	23.0	84.3	-	145.0	297.0
8월 상순	경북식	27.5	36.5	20.8	84.0	17.2	40.6	19.6
	경기식	27.5	36.9	20.8	82.0	10.8	39.0	1.3
	양지붕식	27.6	36.8	20.9	82.0	21.3	51.6	3.8
	외부	29.1	38.7	22.2	76.9	-	377.6	39.5
8월 중순	경북식	25.6	34.7	17.6	84.0	18.4	32.8	33.3
	경기식	25.7	35.1	17.6	82.0	9.9	32.0	0.0
	양지붕식	25.7	35.1	17.7	82.0	20.6	43.6	5.8
	외부	27.3	36.6	19.1	77.7	-	318.8	76.5
8월 하순	경북식	22.6	31.0	15.6	85.0	17.3	33.7	26.7
	경기식	22.7	32.0	15.7	84.0	9.4	32.3	4.1
	양지붕식	22.7	31.8	15.7	84.0	19.2	42.8	5.3
	외부	24.2	33.8	17.0	79.2	-	312.7	60.0



차광자재 선발에서 8월의 최고 온도는 T2에서 가장 높았으며 외부 보다는 높은 경향을 나타냈다(표 4).

표 4. 시설 내 처리별 기온변화

(단위 :°C)

처리명	구분	4월			5월			6월			
		하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순
청색그늘막85%+검정차광망40%	평균	13.6	15.6	18.4	18.1	19.6	20.4	23.3			
	최고	30.8	30.5	31.4	34.6	31.1	31.3	36.1			
	최저	-1.1	0.1	6.4	6.5	9.2	9.8	12.7			
청색그늘막85%+알루미늄스크린40%	평균	13.8	15.9	18.5	18.3	20.3	20.8	23.7			
	최고	30.9	30.6	31.2	34.7	31.7	32.0	36.2			
	최저	-1.0	0.1	6.4	6.8	9.6	10.1	13.0			
청색그늘막90%+검정차광망40%	평균	13.8	15.9	18.6	18.4	19.9	20.7	23.5			
	최고	29.7	30.9	32.1	34.8	31.6	32.1	36.0			
	최저	-0.5	0.2	6.5	6.6	9.4	10.1	12.8			
청색그늘막90%+알루미늄스크린40%	평균	14.1	16.2	18.9	18.7	20.2	20.9	23.7			
	최고	30.5	31.7	32.8	36.2	32.8	32.4	35.9			
	최저	-0.4	0.7	6.9	6.9	9.9	10.5	13.1			
외부	평균	14.5	16.6	19.5	19.3	20.6	21.4	24.3			
	최고	30.3	29.9	31.6	35.4	31.8	31.3	35.8			
	최저	0.5	1.4	7.9	7.7	10.6	11.5	14.0			

처리명	구분	7월			8월		
		상순	중순	하순	상순	중순	하순
청색그늘막85%+검정차광망40%	평균	24.4	24.3	25.5	27.7	25.9	22.8
	최고	38.4	35.9	34.5	38.1	36.3	31.9
	최저	15.0	17.9	21.7	20.7	17.7	15.7
청색그늘막85%+알루미늄스크린40%	평균	24.7	24.9	25.9	28.2	26.4	23.3
	최고	38.3	36.9	35.5	39.5	37.8	33.5
	최저	15.1	18.3	22.2	21.0	17.8	15.9
청색그늘막90%+검정차광망40%	평균	24.5	24.4	25.4	27.7	25.9	22.8
	최고	38.5	36.0	33.8	38.8	36.7	32.9
	최저	15.0	18.0	21.9	20.6	17.6	15.5
청색그늘막90%+알루미늄스크린40%	평균	24.6	24.9	25.9	28.1	26.3	23.3
	최고	38.1	36.7	34.9	38.7	36.2	33.0
	최저	15.4	18.4	22.0	21.1	18.0	16.2
외부	평균	25.2	25.5	26.9	29.1	27.3	24.2
	최고	37.4	37.9	36.2	38.7	36.6	33.8
	최저	16.6	19.1	23.0	22.2	19.1	17.0

T1(HDPE 청색그늘막 85%+PE검정차광망40%), T2(HDPE 청색그늘막 85%+알루미늄스크린40%)  
 가 T3(HDPE 청색그늘막 90%+PE검정차광망40%), T4(HDPE 청색그늘막 90%+알루미늄스크린  
 40%) 보다 투광율이 높는데, 7월과 8월에 각각 0.6%~7.8%, 0.1~3.5% 수준이었다(표 5).

표 5. 시설 내 처리별 광량 변화

(단위 :  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )

처리명	구분	4월			5월			6월			
		하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순
청색그늘막85%+검정차광망40%	평균	170	84	67	83	72	82	78			
	최고	1,709	410	643	917	551	837	787			
	투광율(%)	61.4	19.1	18.7	19.7	19.8	20.8	20.4			
청색그늘막85%+알루미늄스크린40%	평균	172	90	77	91	76	87	83			
	최고	1,710	441	507	826	676	1,008	805			
	투광율(%)	62.1	20.5	21.4	21.6	20.9	22.0	21.7			
청색그늘막90%+검정차광망40%	평균	207	77	58	71	60	69	66			
	최고	1,758	407	434	831	467	881	855			
	투광율(%)	74.7	17.5	16.2	16.8	16.5	17.4	17.2			
청색그늘막90%+알루미늄스크린40%	평균	180	61	47	57	49	55	53			
	최고	1,633	263	339	297	262	326	312			
	투광율(%)	65.3	13.9	13.1	13.5	13.5	13.9	13.8			
외부	평균	277	440	359	422	364	395	383			
	최고	1,631	1,438	1,875	1,803	1,851	1,834	1,709			

처리명	구분	7월			8월		
		상순	중순	하순	상순	중순	하순
청색그늘막85%+검정차광망40%	평균	79	31	15	38	31	30
	최고	685	234	242	242	306	207
	투광율(%)	19.2	9.5	10.3	9.5	7.9	9.6
청색그늘막85%+알루미늄스크린40%	평균	84	30	14	34	27	27
	최고	893	225	234	201	206	373
	투광율(%)	20.4	9.2	9.7	8.5	6.9	8.6
청색그늘막90%+검정차광망40%	평균	66	27	14	34	29	28
	최고	875	187	203	341	280	614
	투광율(%)	16.0	8.3	9.7	8.5	7.4	8.9
청색그늘막90%+알루미늄스크린40%	평균	52	17	7	20	16	16
	최고	337	141	133	122	117	108
	투광율(%)	12.6	5.2	4.8	5.0	4.1	5.1
외부	평균	412	326	145	398	394	313
	최고	1,961	1,732	1,769	1,834	1,802	1,650

차광자재 선발에서 시설 내 누수량 변화를 조사한 결과(표 15), 고온경감 피복재를 처리한 강우량이 297mm 이상인 7월 하순의 경우 알루미늄스크린40% 설치시 누수율(0.1~6.1%)이 검정차광망 40%(10.5~13.3%) 보다 낮았고 지상부 고사가 늦었다.

표 6. 시설 내 해가림자재별 누수량 변화

처리명	구 분	4월			5월			6월			
		하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순	상순	중순	하순
청색그늘막85%+ 검정차광망40%	누수량(mm)	5.0	0.0	2.0	0.0	5.8	13.6	0.0			
	누수율(%)	100.0	0.0	9.3	0.0	31.4	46.9	0.0			
청색그늘막85%+알 루미늄스크린40%	누수량(mm)	5.0	0.0	2.0	0.0	5.6	7.8	0.0			
	누수율(%)	100.0	0.0	9.3	0.0	30.3	26.9	0.0			
청색그늘막90%+ 검정차광망40%	누수량(mm)	5.0	0.0	3.2	0.0	6.6	8.2	0.0			
	누수율(%)	100.0	0.0	14.9	0.0	35.7	28.3	0.0			
청색그늘막90%+알 루미늄스크린40%	누수량(mm)	5.0	0.0	6.2	0.0	5.2	8.6	0.0			
	누수율(%)	100.0	0.0	21.5	13.0	18.5	29.0	0.0			
외부	강우량(mm)	5.0	0.0	21.5	13.0	18.5	29.0	0.0			

처리명	구 분	7월			8월		
		상순	중순	하순	상순	중순	하순
청색그늘막85%+ 검정차광망40%	누수량(mm)	0.0	6.4	31.2	29.4	6.8	25.9
	누수율(%)	0.0	14.4	10.5	74.4	8.9	43.1
청색그늘막85%+ 알루미늄스크린40%	누수량(mm)	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.8
	누수율(%)	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.3
청색그늘막90%+ 검정차광망40%	누수량(mm)	0.0	6.4	39.6	5.6	7.4	13.2
	누수율(%)	0.1	14.4	13.3	14.2	9.7	22.0
청색그늘막90%+ 알루미늄스크린40%	누수량(mm)	0.0	5.0	18.0	2.9	0.6	8.3
	누수율(%)	0.0	11.2	6.1	7.3	0.8	13.8
외부	강우량(mm)	1.5	44.5	297.0	39.5	76.5	60.0



알루미늄스크린40%



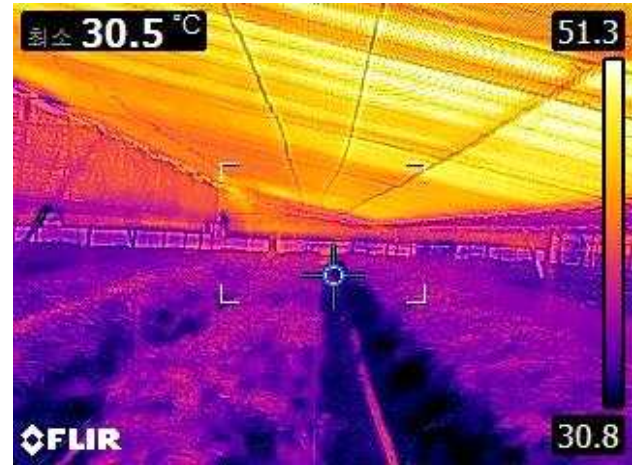
검정차광망40%

※촬영일 : ' 19.09.18

그림 6. 광폭해가림 처리별 누수 피해



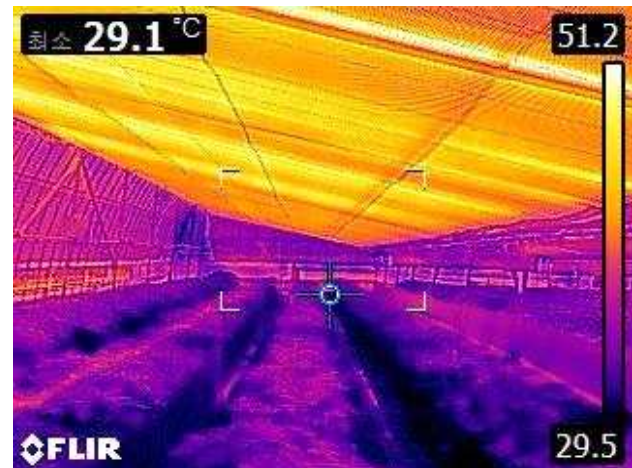
청색그늘막85% + 검정차광망40%



청색그늘막85% + 알루미늄스크린40%



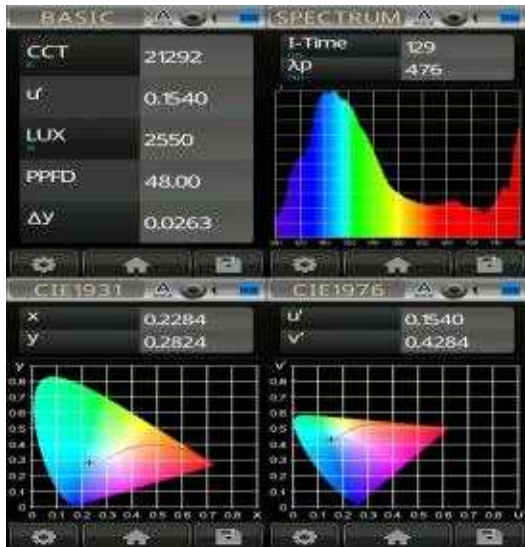
청색그늘막90% + 검정차광망40%



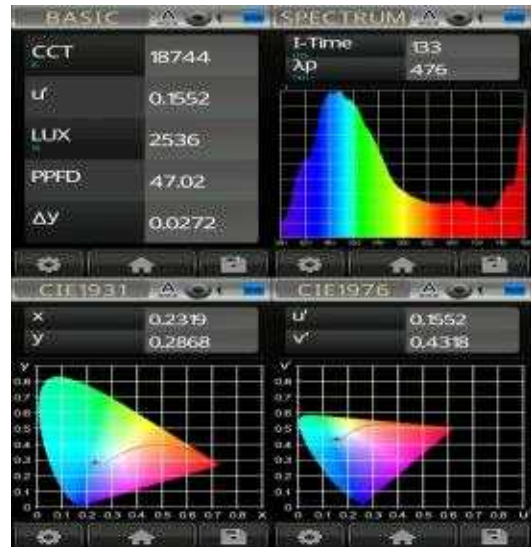
청색그늘막90% + 알루미늄스크린40%

그림 7. 시설 내 해가림자재별 열화상

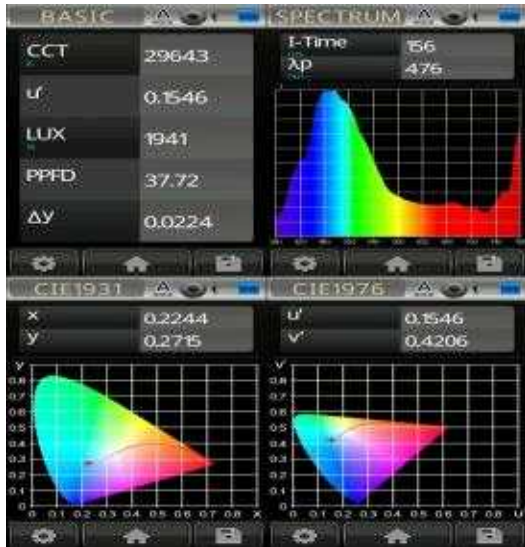




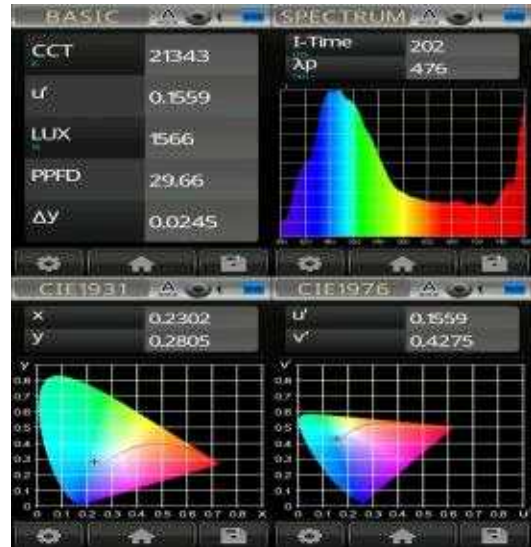
청색그늘막85%+검정차광망40%



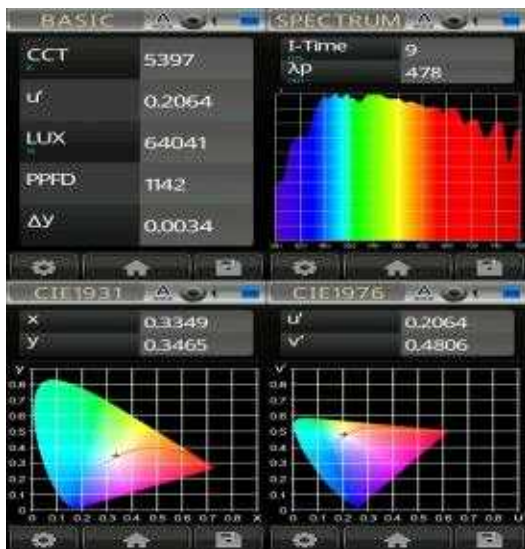
청색그늘막85%+알루미늄스크린40%



청색그늘막90%+검정차광망40%



청색그늘막90%+알루미늄스크린40%



외부

그림 8. 시설 내 해가림자재별 광스펙트럼 분석



2) 모델별 시설내 열화상

모델별 시설내 열화상 처리별로 조사한 결과, 42.3~45.1℃(2018), 42.6~43.6℃(2019)로 비슷한 경향을 보여 온도 차이는 거의 없었다(그림 9).

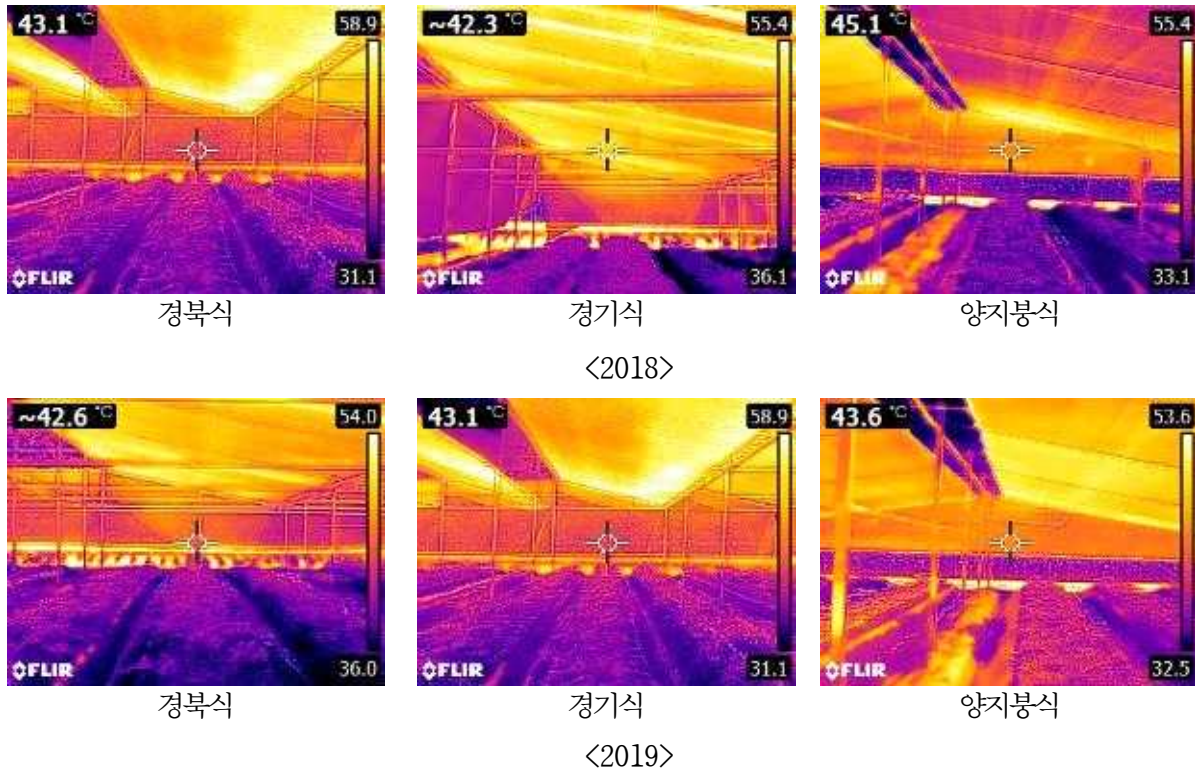
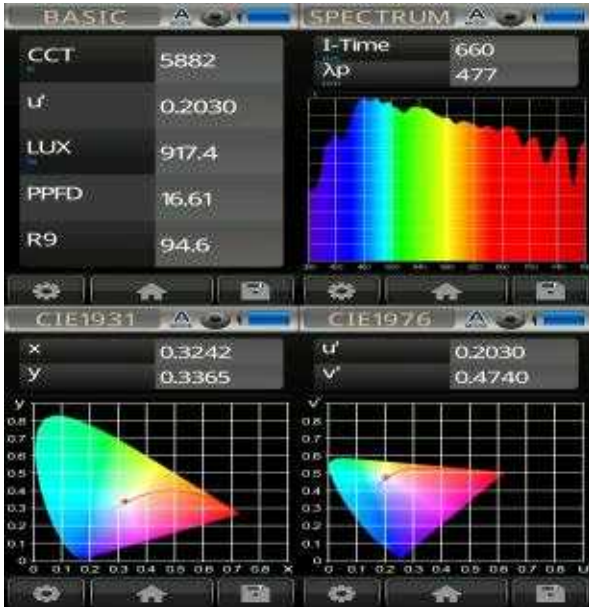


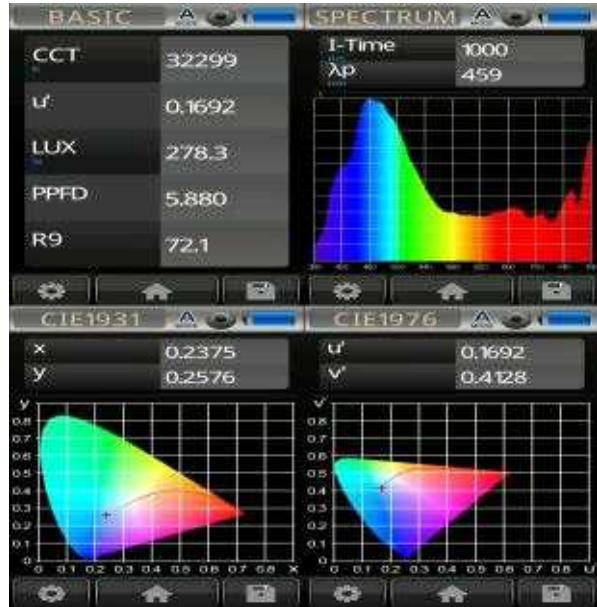
그림 9. 광폭해가림 시설 모델별 열화상

### 3) 모델별 시설내 광스펙트럼 분석

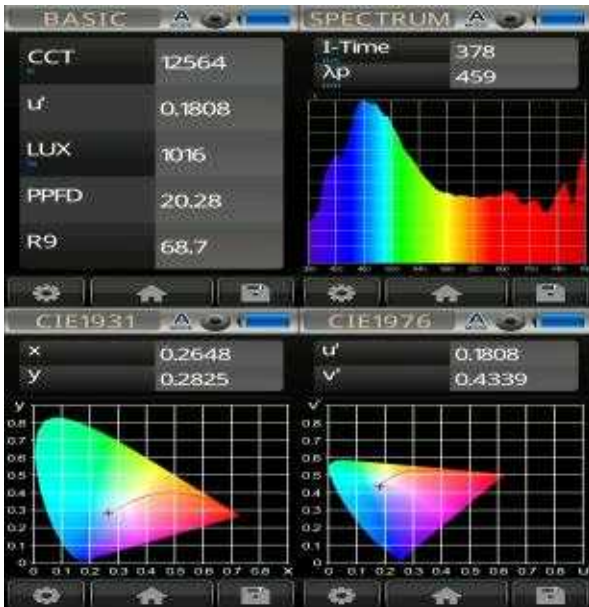
광폭해가림 모델별로 광스펙트럼을 분석한 결과(그림 10), 검정 피복물을 차광한 경복식은 외부 자연광과 유사한 패턴을 보였고, 경기식와 양지붕식은 파란색 청색그늘막을 사용하여 녹색, 노란색, 적색 광역대의 파장이 낮았고 파란색이 가장 높았다.



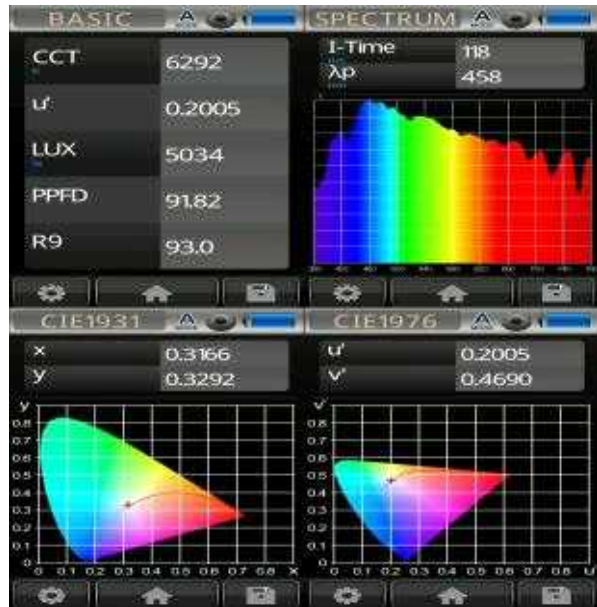
경사식 I



경사식 II



양지붕식



외부

그림 10. 광폭해가림 시설 모델별 광스펙트럼

4) 모델별 시설내 풍속의 변화

풍속과 풍향을 조사한 결과 표 3과 같았다. 평균풍속은 0.6~1.2(2017), 1.3~2.1(2018), 1.3~7.7(2019) 범위를 나타냈다. 최고평균풍속은 3.2~5.7(2017), 3.6~5.0(2018), 10.8~20.9(2019) 범위를 나타냈다. 3개의 모델 모두 강풍에도 안전하였고 구조해석결과인 최대 순간풍속 32m/s 기준에 적합하였다.

표 7. 광폭해가림 시설 모델별 풍속  
<2017년>

월	순별	평균풍속 (m/s)	평균풍향 (deg)	최고평균풍속 (m/s)
4	하	1.2	244.1	5.7
5	상	1.0	222.0	4.3
	중	0.9	223.4	4.5
	하	0.7	233.3	3.5
6	상	0.9	197.1	4.3
	중	0.9	205.6	3.7
	하	0.5	238.0	3.8
7	상	0.6	231.9	3.6
	중	0.8	225.1	3.3
	하	0.9	73.0	3.8
8	상	1.0	95.9	4.1
	중	1.6	28.8	4.8
	하	0.6	208.3	3.2

<2018년>

월	순별	평균풍속 (m/s)	평균풍향 (deg)	최고평균풍속 (m/s)
4	하	1.7	140.6	4.9
5	상	2.1	158.6	5.0
	중	1.5	99.1	4.4
	하	1.7	117.9	4.8
6	상	1.5	194.6	4.4
	중	1.5	107.7	4.3
	하	1.6	234.4	4.8
7	상	1.4	93.6	3.6
	중	1.4	121.8	3.8
	하	1.3	174.3	3.6
8	상	1.4	194.0	3.9

<2019년>

월	순별	평균풍속 (m/s)	평균풍향 (deg)	최고평균풍속 (m/s)
4	하	5.7	169.4	13.0
5	상	1.3	195.8	20.9
	중	1.4	150.3	14.8
	하	1.8	171.0	20.2
6	상	4.5	156.6	14.8
	중	2.7	145.3	14.0
	하	3.7	135.2	12.6
7	상	7.7	155.8	13.3
	중	5.1	116.8	11.9
	하	4.6	189.9	13.3
8	상	3.4	184.0	10.8
	중	4.9	60.9	12.2
	하	1.3	141.5	10.8

※ 풍향 : 북 0°, 동 90°, 남 180°, 서 270°

라. 광합성 속도

광폭해가림 모델별로 광합성속도를 조사한 결과는 표 4와 같은데 3년생에서는 경북식이 가장 높았고 4년생 때는 처리별로 비슷하였으며, 5년생은 경기식이 다른 처리보다 높게 나타났다.

1) 모델별 시설내 광합성속도

표 8. 광폭해가림 시설 모델별 광합성속도

년도 (년생)	모델명	Photo ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Cond ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Ci ( $\mu\text{mol CO}_2 / \text{mol air}$ )	Trmmol ( $\text{m mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	VpdL
2017 (3)	경북식	2.06	0.0340	271	0.467	1.34
	경기식	1.74	0.0310	274	0.44	1.40
	양지붕식	1.26	0.0640	329	0.894	1.48
2018 (4)	경북식	2.24	0.0935	341	1.97	2.16
	경기식	2.72	0.1458	344	3.73	2.84
	양지붕식	2.47	0.0754	331	1.12	1.52
2018 (5)	경북식	2.81	0.0552	293	1.64	3.07
	경기식	3.10	0.0736	307	2.09	2.98
	양지붕식	2.95	0.0726	304	2.08	3.01

※ Photo : 광합성속도, Cond : 기공 전기전도도, Ci : 세포내 CO<sub>2</sub>농도, Trmmol : 증산속도, VpdL : 잎 표면 증기압

다. 인삼 생육 현황

1) 광폭 유형별 지상부 생육

광폭해가림 모델별 지상부 생육특성은 표 9와 같다. 출아율은 76.1~76.2(2017), 81.8~85.2(2018), 58.9~63.0(2019) 범위를 나타냈다. 3, 4년생 지상부 생육은 모델처리별 비슷하였으나 5년생 초장, 경장, 경직경, 엽폭, 엽병수, 엽면적은 경북식, 경기식이 양지붕식 보다 생육이 양호 하였다.

표 9. 광폭해가림 시설 모델별 지상부 생육  
 <2017년, 3년생>

모델명	출아기 (월.일)	출아율 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	경직경 (mm)	경수 (개)	엽수 (매)	엽병수 (개)	SPAD
경북식	4.21	76.1	28.9	15.3	3.3	1.0	18.5	3.7	20.0
경기식	4.21	76.2	29.6	17.5	3.5	1.0	19.4	3.9	21.4
양지붕식	4.23	76.2	25.0	13.7	3.4	1.0	19.0	3.8	21.0

<2018년, 4년생>

모델명	출아기 (월.일)	출아율 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	경직경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽병수 (개)	SPAD
경북식	4.24	85.2	29.7	21.4	5.1	11.4	4.5	4.1	25.7
경기식	4.24	81.8	31.0	21.7	5.3	11.5	4.6	4.1	26.7
양지붕식	4.24	81.8	29.6	21.4	5.1	11.4	4.5	4.1	26.4

<2019년, 5년생>

모델명	출아기 (월.일)	출아율 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	경직경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽병수 (개)	엽면적 (cm <sup>2</sup> /주)	SPAD
경북식	4.25	60.9	36.7	24.7	6.0	13.8	6.0	4.7	590	28.8
경기식	4.25	58.9	39.3	26.3	6.4	13.9	5.7	4.6	540	27.7
양지붕식	4.25	63.0	28.0	17.2	4.4	10.2	4.4	4.2	326	27.9

광폭 해가림자재별 지상부 생육 특성을 분석한 결과(표 10), T2가 다른 처리구에 비하여 생육이 양호하였다.

표 10. 시설 내 해가림자재별 지상부 생육특성

처 리 내 용		품종	출아율 (%)	초 장 (cm)	경 장 (cm)	경직경 (mm)	엽 장 (cm)	엽 폭 (cm)	소엽수 (개)
해가림	피복재								
85% (200g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%	K-1	73.0 b <sup>†</sup>	46.7 b	27.9 b	9.4 b	17.0 a	7.9 ab	22.1 ns
	알루미늄스크린40%		67.2 b	54.4 a	35.6 a	10.2 a	19.0 a	8.6 a	24.4
90% (220g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%		85.7 a	46.4 b	29.2 b	9.0 b	17.0 a	7.7 b	23.5
	알루미늄스크린40%		56.5 c	35.5 c	23.6 c	8.3 c	14.2 b	6.4 c	24.4
85% (200g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%	혼계종	65.3 ns	46.8 a	29.6 b	9.3 ab	16.3 a	6.9 a	24.5 ns
	알루미늄스크린40%		62.2	49.8 a	33.1 a	9.6 a	17.5 a	7.1 a	24.0
90% (220g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%		56.9	43.3 b	29.0 c	7.8 c	15.8 a	6.8 a	22.9
	알루미늄스크린40%		54.1	35.1 c	23.4 b	7.9 c	13.9 b	6.1 b	23.6

<sup>†</sup> 같은 문자에 대하여 5%내에서 유의차이 없음(DMRT), ns 유의차이 없음

광폭 해가림자재별 광합성속도를 분석한 결과(표 17), T2가 K-1, 혼계종 모두 2.87, 2.31  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 로 다른 처리구에 비하여 높았다.

표 11. 시설 내 해가림자재별 광합성속도 및 SPAD

처 리 내 용		품종	광합성속도 ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ )	SPAD
해가림	피복재			
85% (200g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%	K-1	2.17	30.6
	알루미늄스크린40%		2.87	30.8
90% (220g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%		2.06	29.3
	알루미늄스크린40%		2.14	28.6
85% (200g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%	혼계종	2.23	31.0
	알루미늄스크린40%		2.31	30.9
90% (220g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%		2.02	31.0
	알루미늄스크린40%		1.92	29.5

※ 측정조건 : 맑은 날 오전 9시 기준 광량으로 10시 이전에 측정



2) 광폭 유형별 지하부 생육

광폭해가림 모델별 지하부 생육특성은 표 12과 같다. 4, 5년생의 근직경, 근중은 경북식, 경기식이 양지붕식 보다 지하부 생육이 양호 하였다. 수량은 경북식, 경기식이 양지붕식 보다 높았다. 적변, 은피, 뿌리썩음병은 처리별로 비슷한 경향을 보였고 발생정도가 낮게 나타났다. 생육특성을 고려해 볼 때 경기식이 경기지역에 적합한 구조로 판단된다.

표 12. 광폭해가림 시설 모델별 지하부 생육  
<2017년, 3년생>

구 분	근장 (cm)	동장 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g)	적변정도 (0~9)	은피 (0~9)	뿌리썩음병 (0~9)
경북식	15.2	10.5	5.1	4.9	1	0	1
경기식	14.5	10.1	5.7	4.4	1	0	1
양지붕식	14.1	10.0	5.9	4.3	1	0	1

<2018, 4년생>

구 분	근장 (cm)	동장 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g)	적변정도 (0~9)	은피 (0~9)	뿌리썩음병 (0~9)
경북식	18.0	7.2	12.9	7.4	1	0	1
경기식	19.0	6.9	13.3	9.0	1	1	1
양지붕식	15.4	6.1	11.5	5.4	1	1	1

<2019년, 5년생>

구 분	근장 (cm)	동장 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g)	수량 (kg/10a)	적변정도 (0~9) <sup>‡</sup>	은피 (0~9) <sup>‡</sup>	뿌리썩음병 (0~9) <sup>¶</sup>
경북식	23.3	6.1	21.8	31.8	432	1	0	1
경기식	22.7	6.8	22.2	34.3	576	1	1	1
양지붕식	20.5	6.2	18.3	18.3	264	1	0	1



지하부생육

그림 11. 광폭해가림 시설 모델별 지하부생육

광폭 해가림자재별 지하부 생육 특성을 분석한 결과(표 13), 인삼 지하부 생육으로 K-1의 근장은 T1, T2, T4가 길었고, 동장은 T1, T2, T4가 길었으며 근중은 T1, T2, T4가 무거웠으며, 혼계종의 근직경은 T1, T2, T3가 굵었고 근중은 T2가 T4에 비하여 무거웠다. 수량은 K-1은 T1, T2, T3가 무거웠고 혼계종은 T1, T2가 무거웠다. 기후환경, 지상부 생육과 지하부 생육을 고려할 때 청색그늘막85%+알루미늄스크린40%가 우수 자재로 판단되었다.

표 13. 시설 내 해가림자재별 지하부 생육특성(6년근)

처 리 내 용		품종	근장 (cm)	동장 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g)	수량 (kg/10a)	생리장해(0-9)			
해가림	피복재							적변 <sup>‡</sup>	은피 <sup>‡</sup>	뿌리썩음병 <sup>‡</sup>	
85% (200g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%	K-1	30.2 a <sup>†</sup>	6.5 a	27.4 a	61.4 a	1,068 a	3	1	1	
	알루미늄스크린40%		28.6 a	6.5 a	28.7 a	71.8 a	1,065 a	1	1	1	
90% (220g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%		21.9 b	5.2 b	24.2 b	36.5 b	984 a	1	1	1	
	알루미늄스크린40%		29.3 a	6.7 a	28.7 a	69.1 a	528 b	1	1	1	
85% (200g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%		혼계종	32.0 a	6.6 ns	29.4 a	75.4 a	1,206 a	1	1	1
	알루미늄스크린40%			31.9 a	6.5	32.3 a	87.7 a	1,230 a	1	1	1
90% (220g/m <sup>2</sup> )	검정차광망40%	29.4 a		6.3	32.1 a	73.3 a	1,017 b	1	1	1	
	알루미늄스크린40%	25.8 b		6.9	24.3 b	42.0 b	606 c	1	1	1	

<sup>†</sup> 같은 문자에 대하여 5%내에서 유의차이 없음(DMRT), ns 유의차이 없음

<sup>‡</sup> 0 : 무발생, 1 : 면적을 1% 미만, 3 : 1~10%, 5 : 11~25%, 7 : 26~40%, 9 : 41% 이상

<sup>¶</sup> 0 : 무발병, 1 : 발병주율 1% 미만, 3 : 1~10%, 5 : 10.1~30%, 7 : 30.1~50%, 9 : 50.1% 이상



K-1



혼계종

그림 12. 시설 내 해가림자재별 지상부 생육

3) 광폭 유형별 생리장해 및 병해 발생정도

광폭해가림 모델별 생리장해와 병해 발생정도 조사한 결과(표 14), 고온피해는 7~9(2018), 3~5(2019) 범위였고, 점무늬병, 탄저병, 역병 발생정도는 모델별로 비슷한 경향이였다.

표 14. 광폭해가림 시설 모델별 생리장해 및 병해 발생정도  
<2018년, 4년생>

모델명	고온피해 (0-9) †	점무늬병 (0-9)	탄저병 (0-9)	역병 (0-9)
경북식	7	3	3	0
경기식	7	3	3	0
양지붕식	9	3	3	0

<2019년, 5년생>

모델명	고온피해 (0-9) †	점무늬병 (0-9)	탄저병 (0-9)	역병 (0-9)
경북식	3	1	3	0
경기식	3	1	3	0
양지붕식	5	1	3	0

†0 : 무발생, 1 : 발생 1% 미만, 3 : 1~10%, 5 : 11~25%, 7 : 26~40%, 9 : 41% 이상

바. 경제성분석

1) 모델별 1,000㎡ 설치비용

광폭해가림 모델별 설치비용을 분석한 결과(표 15), 경북식>경기식>양지붕식 순으로 높게 나타났다.

표 15. 광폭해가림 시설 모델별 설치비용

비목	규모	경북식	경기식	양지붕식	농가평균 <sup>†</sup> (원)
시공비	㎡	56,098.47	32,114.24	24,466.61	4,199
	3.3㎡	185,124.96	105,976.99	80,739.81	13,856
실시공비	87%수준	161,058.72	92,199.98	70,243.64	
	300평	48,317,615	27,659,993	21,073,091	4,198,929
농가대비 (재료비)		11.5배	6.59배	5.02배	-

† 한국국제농업개발학회지 29(2) : 160~171

2) 모델별 경제성 분석(사용기간 30년 4회 사용)

광폭해가림 모델별 경제성을 분석한 결과(표 16), 기존 노지 재배에 비하여 광폭시설재배가 경영비는 조금 높았지만 소득지수는 1.27~1.43 범위로 높게 나타났다.

표 16. 광폭해가림 시설 모델별 경제성 분석(기준 : 관행 사용기간 30년 4회 사용)

구분	설치비용 및 소득(천원/10a)			
	경복식	경기식	양지봉식	기존(관행)
조수익	161,639	153,318	156,671	119,941
경영비	64,554	50,779	47,242	43,444
생산비	98,488	72,623	65,749	51,161
순수익	63,150	80,696	90,922	68,779
소 득	97,085	102,540	109,430	76,496
소득지수	1.27	1.34	1.43	-

※ 인삼수량 2016년 전국농가 평균, 수매가격 : 2016년 인삼통계자료집(2017. 농림축산식품부)

※ 기존시설은 전후주연결식 목재기준

사. 생력효과

광폭해가림 시설재배는 기존 노지재배에 비하여 잡초발생이 적고 기계화 방제가 가능하여 제초작업 30%, 병해충 방제 70% 정도의 생력효과가 있었다.

<제초작업시간>

- 잡초는 광발아성 종자가 대부분임
- 관행은 낮에 고랑에 빛이 광폭해가림시설에 비해 많이 들어와 잡초 30% 추가발생 (∴ 30% 생력효과)
- 비용절감효과 : 52,200원/10a
  - 광폭해가림 (10a) 여자 2명 × 87,000원/일 = 174,000원
  - 관행해가림 (10a) 여자 2.6명 × 87,000원/일 = 226,200원
- ※ 근로자 1일 단가 : 87,000원

<병해충방제>

- 10a당 생력효과 : 70%이상(기계화로 인한 인건비 절감)

<여름철 고온기(7~8월) 해가림 추가설치 시간>

- 50% 생력효과
- (광폭) 알루미늄 스크린 40% 설치, 4인기준 : 2시간 소요
- (관행) 차광망 2중직 설치, 4인기준 : 4시간 소요

아. 모델별 강우에 의한 누수 및 과습피해 장면



그림 13. 광폭해가림 시설 모델별 누수피해

자. 기존 시설 대비 모델별 장단점

표 17. 광폭해가림 시설 모델별 장단점

구분	경북식	경기식	양지붕식
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>·시설의 분해없이 기계작업 가능</li> <li>·시설내 기온 기존시설보다 낮음</li> <li>·사용기간이 기존시설 대비 6-7 배임</li> <li>·기존시설 대비 수량성 30-40% 증수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·간단한 시설분해로 기계작업 가능</li> <li>·시설내 기온 기존시설보다 낮음</li> <li>·경사 방풍시설 설치로 내풍성 강화</li> <li>·사용기간이 기존시설 대비 6-7배임</li> <li>·기존시설 대비 수량성 30-40% 증수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·간단한 시설분해로 기계작업 가능</li> <li>·시설내 기온 기존시설보다 낮음</li> <li>·경사 방풍시설 설치로 내풍성 강화</li> <li>·사용기간이 기존시설 대비 6-7배임</li> <li>·기존시설 대비 수량성 30-40% 증수</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>·기존시설 대비 설치비용 높음 (약 11.5배)</li> <li>·타 유형대비 이전비용 큼</li> <li>·바람의 저항이 큼</li> <li>·폭우(30mm/시간, 200mm/일 이상)시 누수량 과다로 습해발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·기존시설 대비 설치비용 높음 (약 6.6배)</li> <li>·폭우(30mm/시간, 200mm/일 이상)시 누수량 과다 습해발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·기존시설 대비 설치비용 높음 (약 5.0배)</li> <li>·폭우(30mm/시간, 200mm/일 이상)시 누수량 과다, 습해발생</li> </ul>

차. 기존해가림과 광폭해가림시설의 차이점

표 18. 기존해가림과 광폭해가림시설 차이점

구분	광폭해가림	기존 해가림
설치장소	· 경사가 10° 이하이며 정형화된 밭	· 경사가 15° 이하이면 가능
소재	골격	· 목재 또는 철재를 사용
	해가림	· 차광망과 차광판을 사용
	울타리	· 울타리 설치 필요
재사용	· 한 장소에서 30년이상 사용 가능	· 작기마다 새로 설치해야 함. 재사용을 30%정도
방제	· 기계화가 가능 : 방제, 제초 등	· 밭 위치에 따라 가능함
생력화	· 모든 작업과정 기계화 가능	· 밭 위치에 따라 부분적으로 가능



## <제 2협동 : 충북지역 인삼 광폭해가림의 적응성 평가 및 최적 모델 개발>

매년 발생하는 대설과 강풍에 의해 원예특작시설부문에 많은 피해를 입고 있고, 그 결과 연평균 3천억원의 복구비용이 발생하고 있다. 이에 정부에서는 지역별로 30년 빈도의 대설, 강풍 등 기상재해에 견딜 수 있는 내재해 규격을 고시·운영 중이다(농림수산식품부, 2007, 2008, 2010). 인삼재배를 위한 인삼해가림시설은 10개 규격이 원예특작시설 내재해형 규격에 포함되어 고시(농림수산식품부, 2010)되어 있으며, 여기는 목재 6종과 철재 4종이 포함되어 있다. 기상재해경감과 사용자재의 표준화 등을 위해 정부에서 철재 인삼시설의 모델을 개발하여 보급하고 있으나 아직까지 대부분의 농가에 설치된 인삼재배시설은 목재시설이다.



그림 1. 강풍으로 인한 인삼재배시설의 피해사례



그림 2. 대설로 인한 인삼재배시설의 피해사례

인삼재배시설의 구조골조는 해가림막을 수평으로 지지하는 도리와 도리를 수직으로 지지하는 기둥으로 구성된다. 강풍이 불면 해가림막에는 풍압이 발생한다. 해가림막의 풍압은 도리에 수평력과 수직력으로 가해지고 이들은 다시 기둥에 수평력과 수직력으로 가해지며 최종적으로 기둥 밑의 지반이 이들 수평력과 수직력에 의하여 발생한 축력, 밀면전단력과 밀면전도모멘트를 지지한다.

통상적으로 인삼재배시설의 구조 골조인 도리 및 기둥은 목재(단면: 30mm×36mm, 길이: 1,800mm) 또는 강재(단면:  $\phi 22\text{mm} \times 1.2\text{t}$ , 길이: 1,800mm)를 사용한다. 강풍에 의한 인삼재배시설의 피해상황을 보면 그림 3-28과 같이 강풍에 의하여 구조골조인 도리나 기둥이 파괴되는 경우는 없고, 인삼재배시설 전체가 강풍에 견디지 못하고 뽑히거나 전도된다. 이 현상은 강풍에 의하여 인삼재배시설 측면 및 지붕의 해가림막에 풍압이 가해져 해가림막이 일정 시간동안 좌우 및 상하로 필력이다가 인삼재배시설 전체가 도괴 또는 전도된다고 볼 수 있다. 따라서 인삼재배시설은 순간풍속에 의해 순간적으로 발생하는 최대풍력에 의해서 파괴되는 것이 아니고 평균풍력과 변동풍력에 의하여 일정시간 동안 지속적인 하중을 받아 파괴된다고 생각할 수 있으므로 본 연구에서는 등가정적 풍하중(equivalent static wind load)의 개념을 도입하여 풍하중 산정식을 유도하였다.





그림 3. 인삼재배시설의 피해

1. 인삼 해가림시설 내재해성 분석

1-1. 기본풍속과 적설심의 추정

농업시설물 가운데 원예특작시설은 모든 재배환경을 인위적으로 조절하여 채소·꽃·과수 등을 연중 생산함으로써 소비자의 기호에 맞는 상품을 공급할 수 있도록 설치하는 비닐하우스, 인삼재배 시설, 간이버섯재배사와 같은 시설을 말한다. 이러한 시설들은 보통 활용기간이 10년 내외로 매우 유동적인 설치, 해체 작업을 반복하기 때문에 초기비용이 작는데 비하여 많은 인력이 소모되고 농작물 이동 시 각별한 주의가 필요하다.

현재 원예특작시설은 최근 5년간 대설, 강풍 등 기상재해로 인해 피해복구액이 1조 5,122억원에 이르렀으며 대설로 인한 피해가 78%, 강풍으로 인한 피해가 22%를 차지하고 있다. 본 연구에서는 원예특작내재해 시방서에 등록되어 있는 지역별 설계기준 적설과 풍속(30년 빈도)을 기준으로 인삼 주산단지의 기준내역을 참조하였다.

지역별 설계기준 풍속(30년 빈도)

풍속기준 (%)	강원도	경기관 (서울, 인천)	경상권 (부산, 울산, 대구)	전라권 (광주)	충청권 (대전, 세종)	제주도
22	홍천	-	-	-	-	-
24	횡성	여주, 이천	봉화	순천	보은, 금산	-
26	삼척, 원주	광주, 안성, 양평, 오산, 용인, 평택	의성, 거창, 함양	구례, 곡성, 남원, 무주, 순창, 임실, 강수, 정읍, 진안	괴산, 음성, 제천, 증평, 진천, 충주	-
28	인제, 태백	강화, 과천, 구리, 군포, 남양주, 상남, 수원, 안양, 인천, 의왕, 하남	경산, 고령, 군위, 대구, 문경, 산청, 안동, 함천	부안	공주, 논산, 부여, 아산, 세종, 영동, 옥천, 천안, 청원, 청주	-
30	양구, 영월, 평창	서울, 가평, 고양, 광명, 동두천, 안산, 양주, 의정부, 파주, 포천, 화성	거제, 밀양, 상주, 성주, 영양, 영천, 예천, 청도, 청송, 장영, 칠곡	고창, 김제, 담양, 보성, 완주, 익산, 장흥, 전주	단양, 예산, 청양	-
32	철원, 춘천, 화천	김포, 부천, 시흥	구미, 경주, 김천, 영주, 울주, 울산, 진주, 의령, 하동, 추풍령	고흥, 광주, 영암, 장성, 화순	계룡, 당진, 대전, 홍성	-
34	정선	인천, 용인	김해, 남해, 사천, 영덕, 양산, 진해, 창원, 함안, 포항	강진, 광양, 나주, 무안, 영광, 함평, 해남	보령, 서산, 태안	-
36	-	-	마산, 부산	목포	서천	-
38	동래, 강릉	-	고성	군산, 신안	-	성산
40 이상	고성, 양양, 대관령, 속초	-	통영, 울릉, 울진	진도, 여수, 완도	-	제주, 고산, 서귀포

그림 4. 지역별 설계기준 풍속(30년 빈도)

지명	지표면 조도구분		통계 년수	최대풍속 (m/s)	최대 풍속 발생 연도	$\mu$ (m/s)	$\sigma$ (m/s)	a	b	E (%)	$V_C(30)$ (m/s)	$V_C(50)$ (m/s)
	'99	'12										
속초	C	C	40	30.50(30.50)	'06	17.87	4.49	0.29	15.85	2.82	27.70	29.51
철원	C	C	25	15.34(16.30)	'95	11.36	2.11	0.61	10.41	5.19	15.98	16.83
대관령	C	C	40	28.30(28.30)	'90	18.66	3.7	0.35	17.00	3.38	26.76	28.26
춘천	C	C	40	22.80(22.80)	'76	11.56	3.11	0.41	10.16	7.96	18.37	19.63
강릉	B	B	40	31.60(23.30)	'74	20.04	3.63	0.35	18.40	3.65	27.99	29.45
동해	C	C	20	26.70(26.70)	'97	16	3.31	0.39	14.50	5.70	23.25	24.58
서울	B	B	40	20.58(17.70)	'80	15.07	2.56	0.50	13.92	3.16	20.68	21.71
인천	B	B	40	23.74(25.70)	'80	15.66	2.73	0.47	14.44	1.73	21.64	22.74
원주	B	B	40	17.98(13.30)	'95	12.9	2.3	0.56	11.87	3.75	17.94	18.87
울릉도	C	C	40	36.09(34.70)	'80	22.38	5.11	0.25	20.08	3.59	33.57	35.63
수원	B	B	40	21.35(16.00)	'96	14.98	2.90	0.44	13.68	4.24	21.33	22.50
충주	C	C	40	15.11(14.40)	'76	10.44	2.13	0.6	9.49	3.99	15.10	15.96
서산	B	B	40	31.61(27.30)	'10	18.87	3.66	0.35	17.22	2.60	26.88	28.36
울진	C	C	40	27.71(35.00)	'83	15.94	4.13	0.31	14.09	3.08	24.98	26.65
청주	B	B	40	24.22(18.30)	'89	15.82	4.19	0.31	13.93	6.74	25.00	26.69
대전	B	B	40	21.99(19.50)	'00	16.44	3.37	0.38	14.92	7.60	23.82	25.18
추풍령	C	C	40	22.58(22.58)	'78	14.3	2.66	0.48	13.10	2.66	20.12	21.20
안동	C	C	30	17.32(18.50)	'86	11.41	2.47	0.52	10.30	3.51	16.82	17.82
포항	B	B	40	30.97(23.30)	'76	19.04	5.04	0.25	16.78	4.50	30.08	32.11
군산	C	C	40	29.98(31.70)	'80	19.93	4.14	0.31	18.07	5.00	29.00	30.67
대구	B	B	40	23.10(20.30)	'03	16.56	3.26	0.39	15.09	4.54	23.70	25.01
전주	B	B	40	25.40(18.30)	'81	17.41	3.88	0.33	15.66	3.48	25.91	27.47
울산	B	B	40	27.51(20.70)	'76	17.41	3.88	0.33	15.66	3.48	25.91	27.47
창원	C	C	27	22.90(25.30)	'87	13.74	4.17	0.31	11.86	6.80	22.87	24.55
광주	B	B	40	25.90(23.80)	'99	15.3	2.68	0.48	14.10	3.67	21.17	22.25
부산	B	B	40	31.10(26.10)	'03	23.22	4.14	0.31	21.36	4.42	32.28	33.95
통영	C	C	40	29.86(31.80)	'03	18.98	4.11	0.31	17.13	3.25	27.98	29.64
목포	B	B	40	29.91(29.10)	'02	20.22	3.14	0.41	18.80	1.95	27.10	28.36
여수	B	B	40	33.20(35.90)	'03	20.9	4.21	0.3	19.01	2.70	30.12	31.82
완도	C	C	35	34.00(36.30)	'12	18.71	5.47	0.23	16.24	5.30	30.69	32.90
순천	C	C	40	17.12(17.20)	'12	9.97	1.93	0.66	9.10	4.24	14.20	14.98
제주	B	B	40	48.84(38.80)	'03	24.82	5.58	0.23	22.31	6.70	37.04	39.29
고산	D	D	25	42.30(51.10)	'03	24.55	5.82	0.22	21.93	6.20	37.31	39.67
성산포	C	C	40	26.50(25.90)	'85	16.16	4.01	0.32	14.35	5.40	24.94	26.56
서귀포	B	B	40	35.41(26.20)	'87	22.71	5.29	0.24	20.33	3.60	34.29	36.43
진주	C	C	40	18.90(18.90)	'03	12.48	2.63	0.49	11.30	3.73	18.24	19.30
강화	B	B	40	21.90(15.50)	'80	13.62	2.47	0.52	12.51	2.40	19.03	20.03
양평	B	B	40	19.74(14.70)	'00	14.17	3.17	0.40	12.74	6.78	21.11	22.39
이천	C	C	37	15.40(15.40)	'99	8.69	1.85	0.69	7.86	4.45	12.74	13.49
인제	B	B	40	21.93(14.50)	'83	15.44	2.67	0.48	14.24	3.29	21.28	22.36
홍천	B	B	40	15.12(11.30)	'90	11.48	1.66	0.77	10.73	2.66	15.11	15.78
태백	C	C	40	16.03(17.20)	'00	10.85	2.15	0.60	9.88	3.41	15.56	16.43
제천	C	C	40	15.11(14.00)	'83	10.21	1.82	0.71	9.39	2.77	14.19	14.92
보은	C	C	40	16.20(16.20)	'99	10.33	1.62	0.79	9.6	3.9	13.87	14.52

표 1. 각지 기상관측소의 재현기간에 따른 기대풍속(1)

지명	지표면 조도구분		통계 년수	최대풍속 (m/s)	최대 풍속 발생 연도	$\mu$ (m/s)	$\sigma$ (m/s)	a	b	E (%)	$V_C(30)$ (m/s)	$V_C(50)$ (m/s)
	'99	'12										
천안	B	B	40	19.46(15.80)	'99	13.76	2.18	0.59	12.78	3.29	18.52	19.40
보령	C	C	40	20.26(20.20)	'10	15.39	1.67	0.77	14.64	6.11	19.04	19.71
부여	C	C	40	19.60(19.60)	'99	11.04	2.49	0.52	9.93	3.54	16.49	17.49
금산	C	C	40	15.10(15.10)	'99	9.22	1.69	0.76	8.46	2.72	12.92	13.60
부안	C	C	40	17.27(17.27)	'99	11.95	1.88	0.68	11.11	2.07	16.07	16.83
임실	C	B	40	19.30(19.30)	'99	10.85	3.03	0.42	9.48	3.51	17.49	18.71
정읍	C	B	40	18.99(20.70)	'99	9.74	2.59	0.50	8.57	4.86	15.40	16.44
남원	C	B	38	23.70 (23.70)	'99	12.37	3.50	0.37	10.79	4.3	20.02	21.43
장수	C	C	25	15.90 (15.90)	'99	10.62	1.77	0.73	9.83	4.95	14.50	15.21
장흥	C	C	36	22.65 (23.90)	'99	13.69	3.27	0.39	12.22	3.31	20.84	22.16
해남	C	C	37	22.70 (22.70)	'99	14.33	3.18	0.40	12.90	2.75	21.29	22.58
고흥	C	C	37	27.53(25.50)	'77	11.69	4.29	0.30	9.76	12.85	21.08	22.81
봉화	C	C	25	11.50 (11.50)	'77	8.90	1.21	1.06	8.36	2.71	11.56	12.05
영주	C	C	40	21.70 (21.70)	'12	15.01	2.46	0.52	13.91	2.18	20.39	21.38
문경	C	C	40	20.00 (20.00)	'98	11.08	2.32	0.55	10.03	4.27	16.15	17.09
영덕	C	C	40	20.51 (19.00)	'78	14.33	2.63	0.49	13.15	3.10	20.08	21.14
의성	C	C	40	14.58 (13.50)	'75	10.92	1.66	0.77	10.17	3.85	14.56	15.23
구미	C	B	40	19.74 (17.00)	'91	13.82	2.94	0.44	12.50	6.15	20.25	21.43
영천	B	B	40	24.87 (18.40)	'00	15.96	3.11	0.41	14.56	2.92	22.77	24.03
거창	C	C	40	15.70 (15.70)	'00	10.82	2.16	0.59	9.85	3.52	15.54	16.41
합천	C	C	40	20.20 (20.20)	'12	10.39	2.63	0.49	9.20	4.63	16.16	17.22
밀양	C	C	40	21.20 (21.20)	'03	12.11	2.86	0.45	10.83	3.46	18.38	19.54
산청	C	C	40	16.19 (15.00)	'00	11.50	2.10	0.61	10.55	3.92	16.10	16.95
거제	B	B	40	28.74 (19.00)	'81	16.86	4.14	0.31	15.00	2.37	25.93	27.60
남해	C	C	40	19.97 (18.50)	'87	13.15	3.67	0.35	11.50	6.90	21.18	22.66

주) 최대풍속은 1973년~2012년 사이에 발생한 풍속 중 가장 큰 값으로 지표면조도구분 C, 지상높이 10m 값으로 균질화한 풍속  $V_{C,10}$ 이고, ( ) 안의 값은 기상관측소의 원풍속이다.  
· 지역명에 \_\_\_\_\_친 곳은 유효높이를 보정한 곳이다.

표 2. 각지 기상관측소의 재현기간에 따른 기대풍속(2)

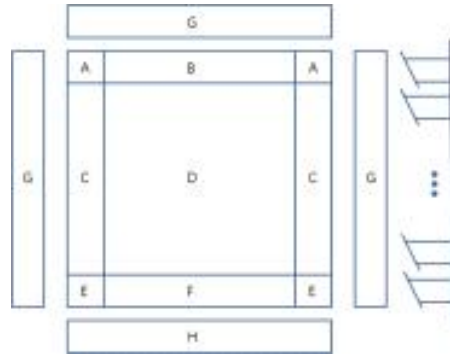
지역별 설계기준 적설심(30년 빈도)

적설기준 (cm)	강원도	경기권 (서울, 인천)	경상권 (부산, 울산, 대구)	전라권 (광주)	충청권 (대전, 세종)	제주도
20	-	-	거제, 고성, 김해, 남해, 마산, 진해, 창원, 통영, 하동, 함안, 함양, 의령, 대구, 영천	고흥, 광양, 보성, 여수, 완도	-	고산, 서귀포, 제주
22	철원	강화, 포천, 동두천	안동, 함창, 고령, 군위, 칠곡	순천, 강령, 해남, 강진, 진도	-	성산
24	-	가평, 고양, 구리, 군포, 과천, 평택, 광주, 남양주, 부천, 김포, 성남, 시흥, 수원, 안산, 안양, 양평, 양주, 의정부, 의왕, 오산, 연천, 용인, 하남, 화성, 파주	부산, 구미, 상주, 산청, 봉화, 영양	구례	-	-
26	원주	서울, 안성, 인천, 용진, 여주, 평택	예천	전주, 원주	금산, 단양, 부여, 보령, 아산, 예산, 홍성, 청양, 천안, 충주, 제천	-
28	화천	이천	김천, 영주	영암, 익산, 곡성	논산, 공주, 당진, 음성, 태안	-
30	인제, 영월, 양구, 홍천	-	거창, 상주, 함양	화순, 남원, 무주, 신안	서산, 대전, 세종, 영동, 옥천, 괴산, 진천	-
32	춘천	-	추풍령	목포	계룡, 보은, 서천, 증평	-
34	횡성	-	문경, 영덕	군산, 나주, 진안	청주, 청원	-
36		-		광주, 무안, 순창, 함평	-	-
38		-	울진	장수	-	-
40 이상	속초, 대관령, 강릉, 동해, 삼척, 태백, 평창, 고성, 정선, 양양	-	울릉	담양, 김제, 영광, 임실, 장성, 무안, 정읍, 고창	-	-

그림 5. 지역별 설계기준 적설심(30년 빈도)

1-2. 해가림막 지붕면 및 벽면의 순압력계수

인삼재배시설의 해가림막 지붕면과 벽면의 풍압분포에 대한 풍동실험결과를 종합하여 풍압분포를 설계에 편리하도록 구역별로 정리하였다. 표는 인삼재배시설 지붕면 및 벽면의 순압력계수를 수치화하여 나타낸 것이다.



설치 유형	방향	지붕면( $c_r$ )						벽면( $c_w$ )	
		A	B	C	D	E	F	G	H
후주	외향	-3.2	-2.4	-1.8	-1.0	-2.2	-1.3	-1.2	-1.8
	내향	2.1	1.0	1.5	1.0	2.6	1.8	1.8	1.5
관행식	외향	-4.8	-2.1	-1.8	-1.0	-2.8	-1.7	-1.5	-1.2
	내향	1.7	1.0	1.5	1.0	2.2	2.2	1.7	1.5

주) 1) 외향 : 지붕의 경우 들어 올리는 방향, 측벽의 경우 바깥쪽으로 향하는 방향

2) 내향 : 지붕의 경우 내리 누르는 방향, 측벽의 경우 안쪽으로 향하는 방향

표 3. 해가림막 지붕면, 벽면의 순압력계수

### 1-3. 광폭해가림 설계 및 내재해성 시뮬레이션 분석

#### 가. 원형 아시바파이프 구조 자재별 평균풍속 및 적설심 검토(초기 1안)

인삼 해가림시설의 모델은 양지붕형식으로 고정시키고 기둥과 서까래와 관련한 철재 부재선택에 중점을 두었다. 초기에는 연결의 간편성을 고려하여 공사장에서 쉽게 사용하고 있는 아시바파이프로 기둥간격에 앞서 부재에 대한 내강도성을 보았다. 기둥끼리의 간격은 2m로 폭은 5.4m로 고정시킨 채 풍하중, 10분간 평균풍속, 3초에 해당하는 순간풍속과 적설하중을 간이적으로 테스트해보았다. 그결과 서까래를 철재파이프로 사용함에 따라 차광망을 견지 않고도 적설에 어느정도 견딜 수 있는 데이터 값을 얻을 수 있었지만 바람에는 크게 취약한 것으로 나타났다. 또한 철재무게가 늘어남에 따라 경제성에서도 크게 취약한 것으로 나타났다. 48.6파이 원형파이프를 사용할 경우 예초 인삼 주산단지를 기준으로 한 순간풍속인 32m/s에 크게 못미치는 17.6m/s가 나왔고 심지어 76.3파이 원형파이프를 사용한다고 하여도 순간풍속이 28m/s가 나와 경제성에 의문이 들 수 밖에 없었다. 아무리 위에서 산출한 경사식모델의 풍력계수값과 차이가 난다고 하여도 구조적으로 원형 파이프는 광폭해가림시설에 맞지 않다는 결론을 도출하여 구조에 보다 안정적인 사각파이프를 철재 구조로 사용하게 되었다.

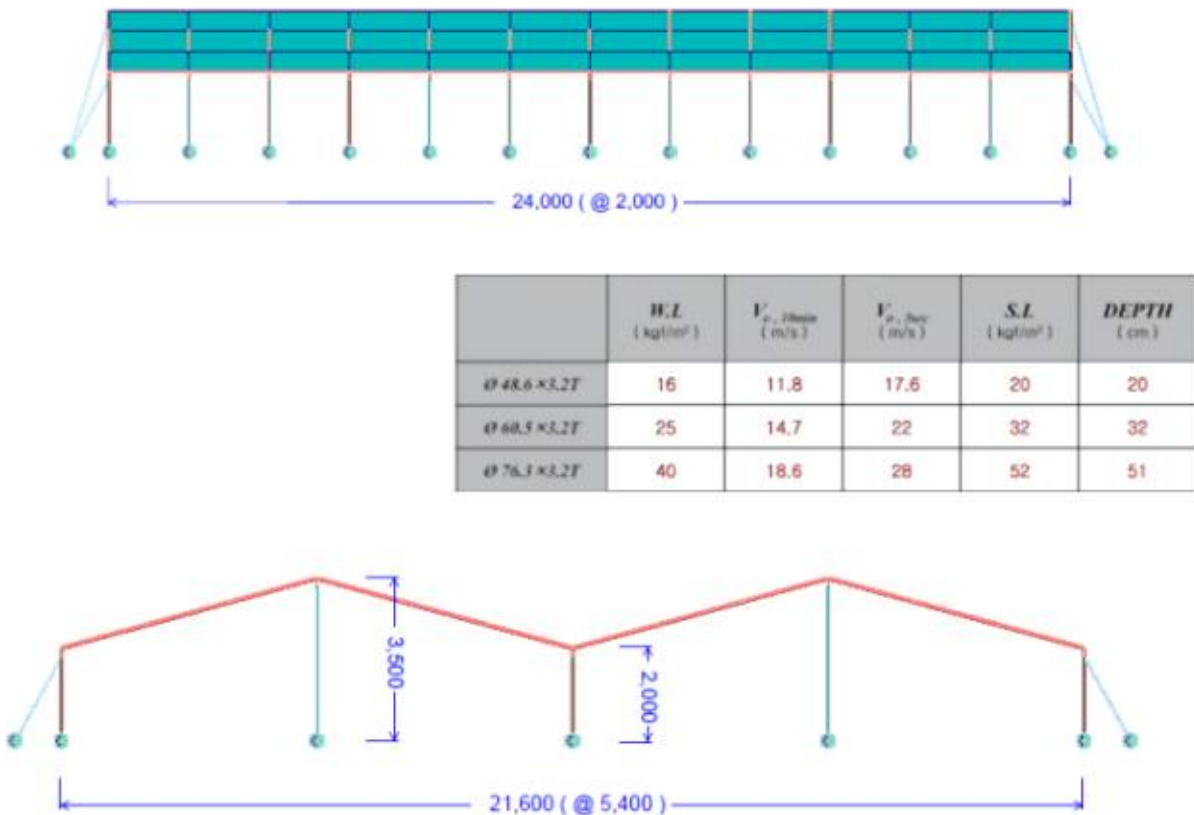
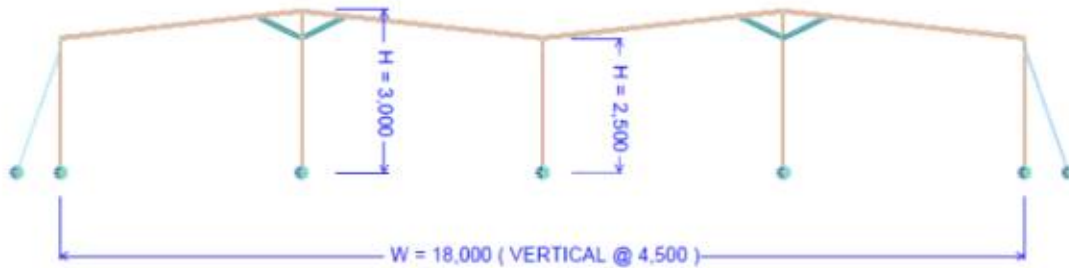


그림 6. 원형 아시바파이프 직경별 내재해성 분석

#### 나-1. 사각 파이프 구조 자재별 평균풍속 및 적설심 검토(초기 2안)

사각파이프는 원형파이프보다 작업편의성은 약간 불편하지만 구조적으로 안정하고 지면과 고정화 시키는데 큰 장점이 있었다. 데이터에서 보는바와 같이 가장 시중에서 공급량이 많은 60mm사각 2.3T파이프를 활용한다면 사람이 손쉽게 다루기도 쉬울 것으로 판단하였다. 최대한 서까래를 받혀주는 2중 서까래로 차광망을 견지 않고 인삼을 재배하고자 하는 방향으로 구조해석을 진행하였지만 향후 경제성 부분에서 큰 비용부담이 예상되는 바였다. 허나 우선 검토를 위해 풍력테스트인 마이

다스 프로그램을 돌려 봤는데 데이터 값이 충분치 않아 폭과 간격을 조정하였다. 그 결과 우리나라 어디에서도 인삼을 재배할 수 있는 32m/s의 순간풍속값이 나오긴 했지만 여전히 경제성에 의문이 들었고 최종으로 서까래를 와이어로 교체하며 겨울철에는 차광망을 걷거나 내려놓고 봄철에 다시 설치하는 방향으로 연구를 진행하게 되었다.



1) WIND PRESSURE DESIGN CONDITION

(1) INPUT DATA

- 최대 풍하중 : 58.4 kgf/m<sup>2</sup>
- 기본풍속 (V<sub>g</sub>) : 21.98 (m/sec)

(2) OUTPUT DATA

- 기본풍속 : 32 m/sec (V<sub>32</sub>) ← 경북 영주시 기준
- : 21.98 m/sec (V<sub>100</sub>)

(3) CONVERSION OF BASIC WIND SPEED

- PRESSURE COEFFICIENT

설치유형	방향	지붕면 (C <sub>z</sub> )						벽면 (C <sub>w</sub> )	
		A	B	C	D	E	F	G	H
추주연립식	외향	-3.2	-2.4	-1.8	-1.0	-2.2	-1.3	-1.2	-1.8
	내향	2.1	1.0	1.5	1.0	2.0	1.8	1.8	1.5
평형식	외향	-4.8	-2.1	-1.8	-1.0	-2.8	-1.7	-1.5	-1.2
	내향	1.7	1.0	1.5	1.0	2.2	2.2	1.7	1.5

주) 외향 : 지붕의 경우 들어 올리는 방향, 옥외의 경우 아래쪽으로 향하는 방향  
 내향 : 지붕의 경우 내리 누르는 방향, 옥외의 경우 안쪽으로 향하는 방향

- C<sub>z</sub> = 1.00 (지붕면 순입력계수)
- C<sub>w</sub> = 1.00 (벽면 순입력계수)
- G<sub>c</sub> = 2.40 (가스트 영향계수)
- q<sub>s</sub> = P<sub>z</sub> / (G<sub>c</sub> - C<sub>z</sub>) = 24.92 (kgf/m<sup>2</sup>)
- V<sub>s</sub> = (2 \* q<sub>s</sub> / ρ)<sup>0.5</sup> = 19.77 (m/sec)      ρ = 1.22 kg/m<sup>3</sup>
- R/T = 0.90      30 주 (재현기간 환산계수)
- K<sub>z</sub> = 1.00 (풍속의 고도보정계수)
- K<sub>d</sub> = 1.00 (지형에 의한 풍속감정계수)
- K<sub>re</sub> = 1.00 (차폐계수)
- V<sub>g</sub> = 21.98 (m/sec) (기본풍속)

그림 7. 사각 파이프 내재해성 분석



나-2. 사각 파이프 구조 설계 재검토(2차)

폭과 거리간격부분에서 초기방향이 지나치게 촘촘한 경향이 있어 거리 간격을 늘렸지만 지붕에 서까래가 들어감으로 인해 경제성에서 큰 부담이 되고 간격이 5m에 불과해 트랙터작업에 애로사항이 많을 것으로 판단 지붕을 지탱해 줄 수 있는 부재로 와이어를 선택하게 되었다.

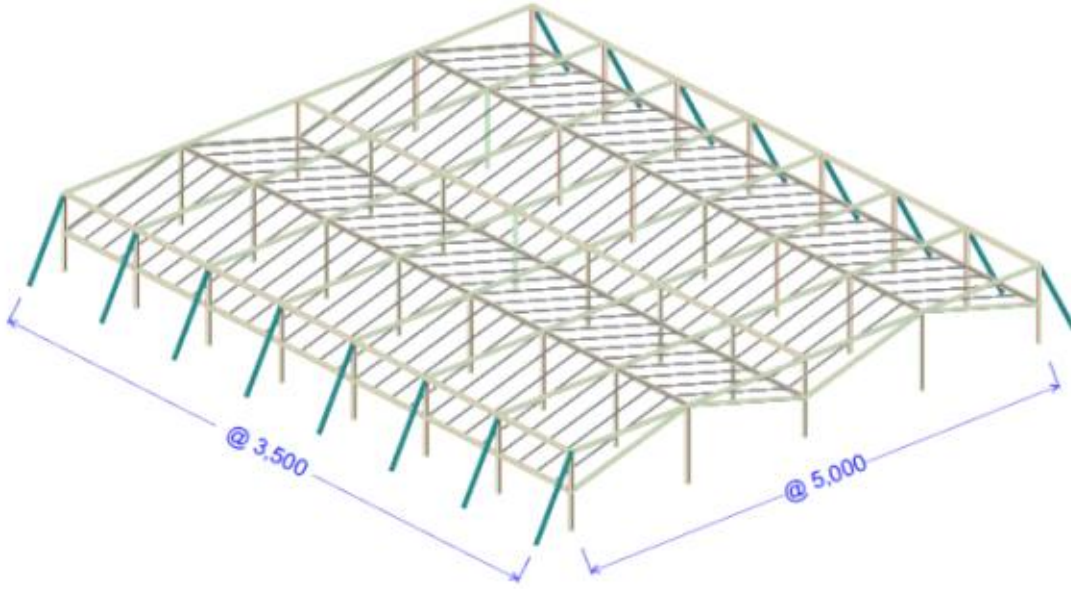
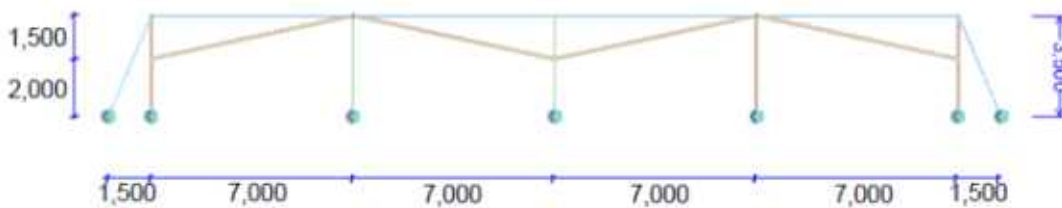


그림 8. 사각 파이프 구조 설계조정

나-3. 사각 파이프 구조 설계 재검토(3차, 와이어) 설계안

지상부 서까래를 와이어로 바꾸고 폭을 7m로 늘리면서 경제성과 트랙터의 운용에 대한 문제점을 어느 정도 해결할 수 있었지만 풍력에 대한 구조 안정성은 32m/s가 아닌 26.5m/s로 변경할 수 밖에 없었다. 이는 경사식해가림 시설에 대한 풍력계수로 양지붕식 해가림시설에는 풍력계수가 들어 맞지 않을 수도 있겠지만 이 해가림시설의 경우엔 초속풍력이 26.5m/s 이상인 지역에 우선적으로 설치할 것을 권장하는 게 맞을 거라 판단이 들어 구조 부분에 대한 설계를 마무리 짓고 차광망에 대한 연구를 진행하였다.



1) WIND PRESSURE DESIGN CONDITION

(1) INPUT DATA

- 최대 풍하중 : 40.0 kgf/m<sup>2</sup>  
 - 기본풍속 (V<sub>s</sub>) : 18.18 (m/sec)

(2) OUTPUT DATA

- 기본풍속 : 26.5 m/sec (V<sub>20</sub>)  
 : 18.18 m/sec (V<sub>200</sub>)

그림 9. 사각 파이프 구조 설계안 재검토(3차안)

다. 인삼 광폭해가림 시설 설계도서 최종 작성

인삼 광폭해가림시설의 경우 칸 당 간격을 7m로 하여 트랙터가 안에서 회전이 가능하도록 설계하였다. 내부 두둑은 이랑을 1.2m, 고랑을 0.6m로 하여 총 4이랑이 들어가도록 설계하였다. 이랑 폭을 관행대비 33%가량 넓히면서 재식주수 또한 약 30%가량 늘어날 것으로 예상되었다. 광폭해가림시설의 높이는 성인 남성 180cm을 기준으로 차광망을 쉽게 탈부착 시키며 경제성을 고려하여 장고를 2.5m 단고를 1.5m로 하였다. 경사각은 12도로 물 흐름을 원활하게 하였다.

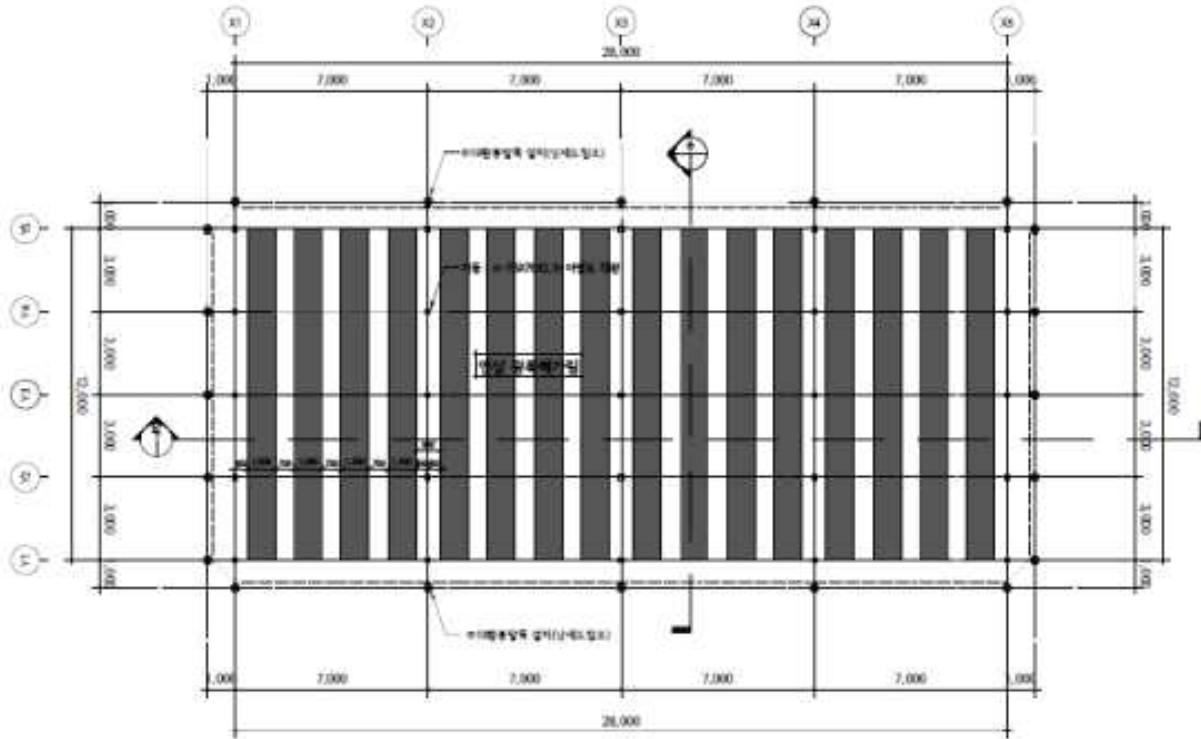
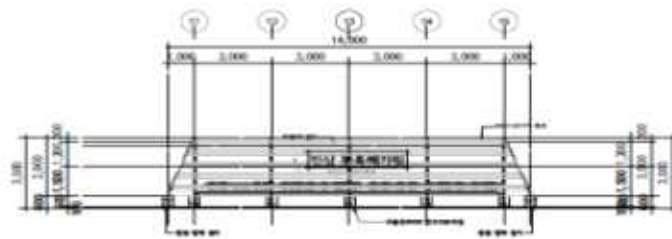
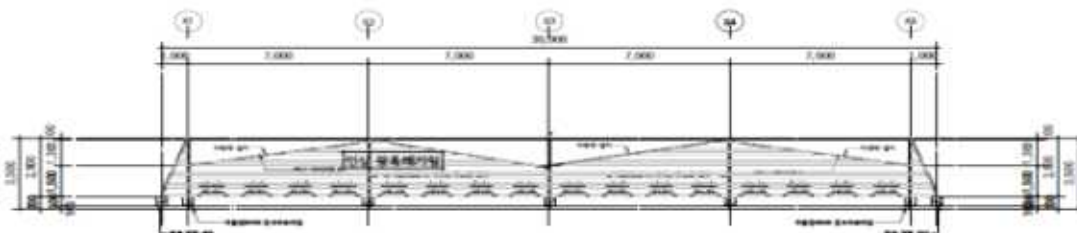


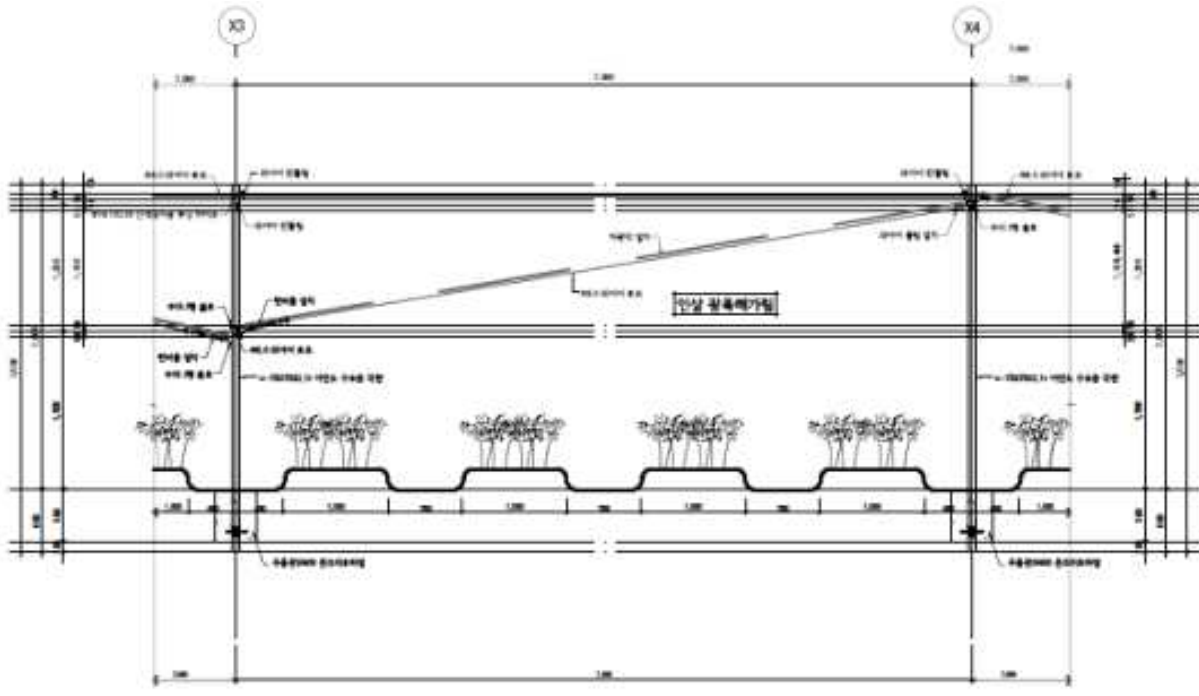
그림 10. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 평면도



인삼 광폭해가림 B동 종단면도  
SCALE = 1/100



인삼 광폭해가림 B동 횡단면도  
SCALE = 1/100



B동 부분 단면 상세도-2  
SCALE = 1/20, 1/30, 1/40

각 부분 상세도-1  
SCALE = 1/20, 1/30, 1/40

환풍 일측 외아이 절속 상세도 100A-1/1	환풍 일측 상세도(수상20ca) 100A-1/1	차량덕 절속 상세도 100A-1/1	외고의 수량 1,300ca 외고의 수량 1,300ca
기동부분 외아이 절속 상세도-1 (X1, X3) 100A-1/1			

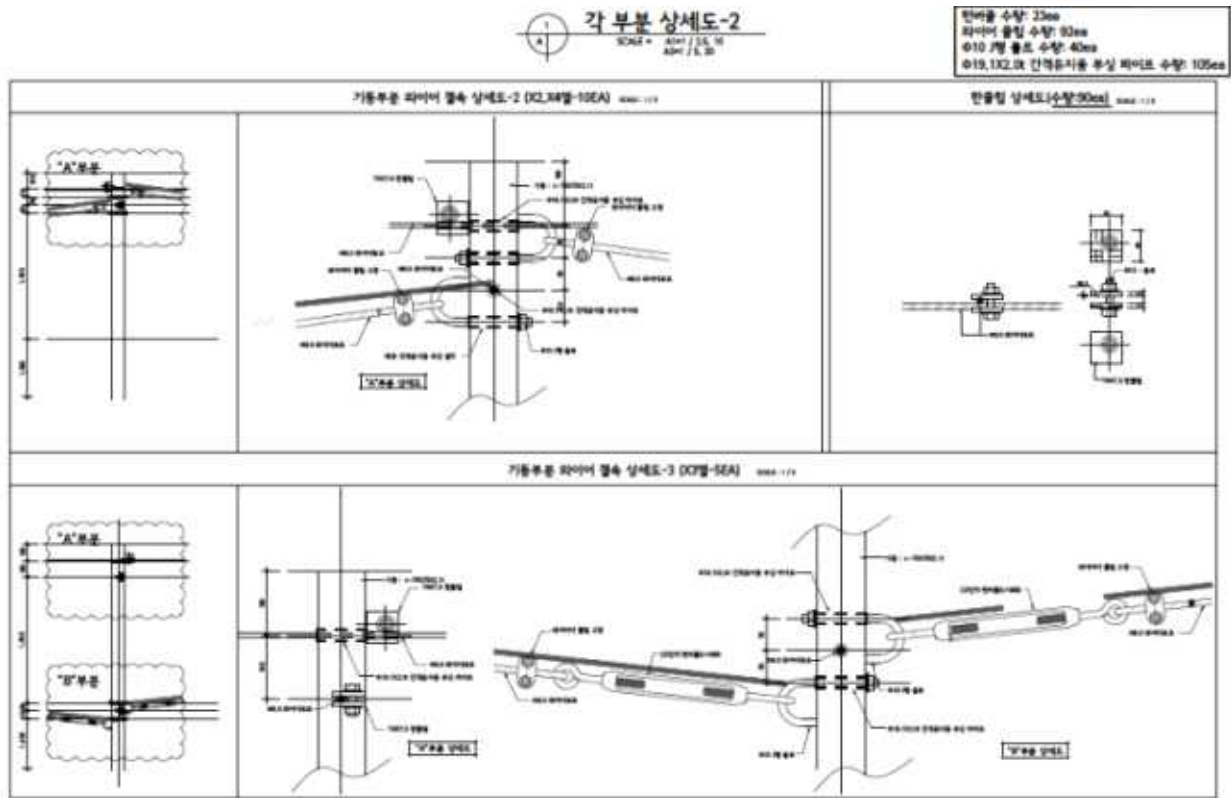


그림 11. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 상세도

기본풍속 26.5m/sec과 내적설 기준에 충족하여 재해에 견딜 수 있는 구조해석 및 경제성 있는 해가림시설 설치 방법을 제시하기 위하여 관련 구조안정성을 시뮬레이션 하였다. 시험결과에 대한 input 데이터로 최대 풍하중 : 40.0kgf/m<sup>2</sup>과 기본풍속(V0) : 18.18(m/sec)을 설정하였으며 output 데이터로 기본풍속 : 26.5m/sec(V3s), 18.18m/sec(V10M)과 기본 골조는 4각 파이프로 나머지 서까래 부분은 와이어로 고정시켜 비용을 절감시키도록 노력하였다.

인삼 광폭해가림시설의 차광망은 탈부착이 가능하도록 사이트에 천망용 구멍을 뚫어 와이어에 우선 고정시키는 방식을 선택하였다. 와이어 85% 차광망은 단단히 고정시키며 봄철부터 가을철까지 망이 펼쳐진채 있을 것이다. 초겨울 철부터 늦겨울까지 눈이 내리는 계절에는 사람이 밟의 단고 쪽을 지나다니면서 클립을 풀어나갈 것이며 클립은 J자형 볼트에 고정되어 있다가 옆으로 이동시킨 후 턴버클로 풀어 놓는 방식이다. 풀린 차광망은 땅에 내려 놓거나 겨울철 바람과 기타 잔재물에 찢어질 염려가 되면 돌돌말아 장고 쪽에 치워 놓도록 설계되었다. 차광망은 와이어에 양말끈이나 타이등으로 단단히 고정시켜 겨울철 차광망을 내려놓 때에도 와이어와 함께 두둑에 내려 놓는 방식이다.

실험에 사용된 차광망은 85% 모노타입으로 풍력에 견딜 수 있도록 주문제작한 망을 사용하였다.



그림 12. 인삼 광폭해가림 85% 모노타입 차광망

## - . CONVERSION OF BASIC WIND SPEED

### 1) WIND PRESSURE DESIGN CONDITION

#### (1) INPUT DATA

- 최대 풍하중 : 58.4 kgf/m<sup>2</sup>  
 - 기본풍속 (  $V_B$  ) : 21.96 (m/sec)

#### (2) OUTPUT DATA

- 기본풍속 : 32 m/sec (  $V_{30}$  )  
 : 21.96 m/sec (  $V_{10M}$  )

#### (3) CONVERSION OF BASIC WIND SPEED

#### - . PRESSURE COEFFICIENT

설치유형	방향	지붕면 ( $C_{Rf}$ )						벽면 ( $C_{Rw}$ )	
		A	B	C	D	E	F	G	H
후주연립식	외향	-3.2	-2.4	-1.8	-1.0	-2.2	-1.3	-1.2	-1.6
	내향	2.1	1.0	1.5	1.0	2.6	1.8	1.8	1.5
편형식	외향	-4.8	-2.1	-1.8	-1.0	-2.8	-1.7	-1.5	-1.2
	내향	1.7	1.0	1.5	1.0	2.2	2.2	1.7	1.5

주) 외향 : 지붕의 경우 들어 올리는 방향, 측벽의 경우 바깥쪽으로 향하는 방향

내향 : 지붕의 경우 내리 누르는 방향, 측벽의 경우 안쪽으로 향하는 방향

$C_{Rf}$  = 1.00 ( 지붕면 순압력계수 )

$C_{Rw}$  = 1.00 ( 벽면 순압력계수 )

$G_{Uf}$  = 2.40 ( 가스브 영향계수 )

$q_s$  =  $P_R / (G_{Uf} \cdot C_{Rf})$   
 = 24.32 (kgf/m<sup>2</sup>)

$V_s$  =  $(2 \cdot q_s / \rho)^{0.5}$   $\rho$  = 1.22 kg/m<sup>3</sup>  
 = 19.77 (m/sec)

$R(T)$  = 0.90 30 年 ( 재한기간 환산계수 )

$K_{zr}$  = 1.00 ( 풍속의 고도분포계수 )

$K_{zt}$  = 1.00 ( 지형에 의한 풍속활동계수 )

$K_{sc}$  = 1.00 ( 차폐계수 )

$V_B$  = 21.96 (m/sec) ( 기본풍속 )

그림 13. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 풍압설계 조건

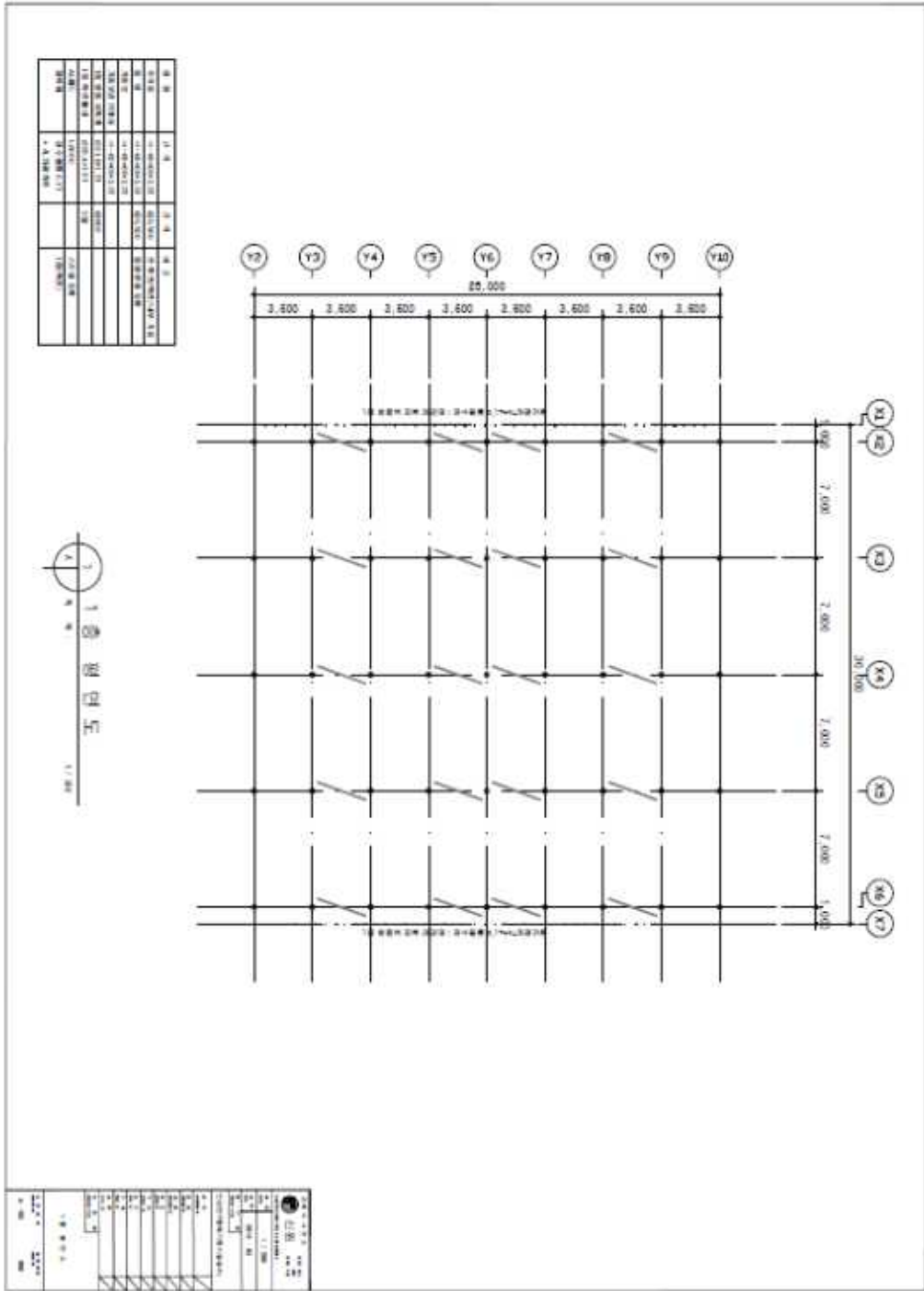


그림 14. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 평면도



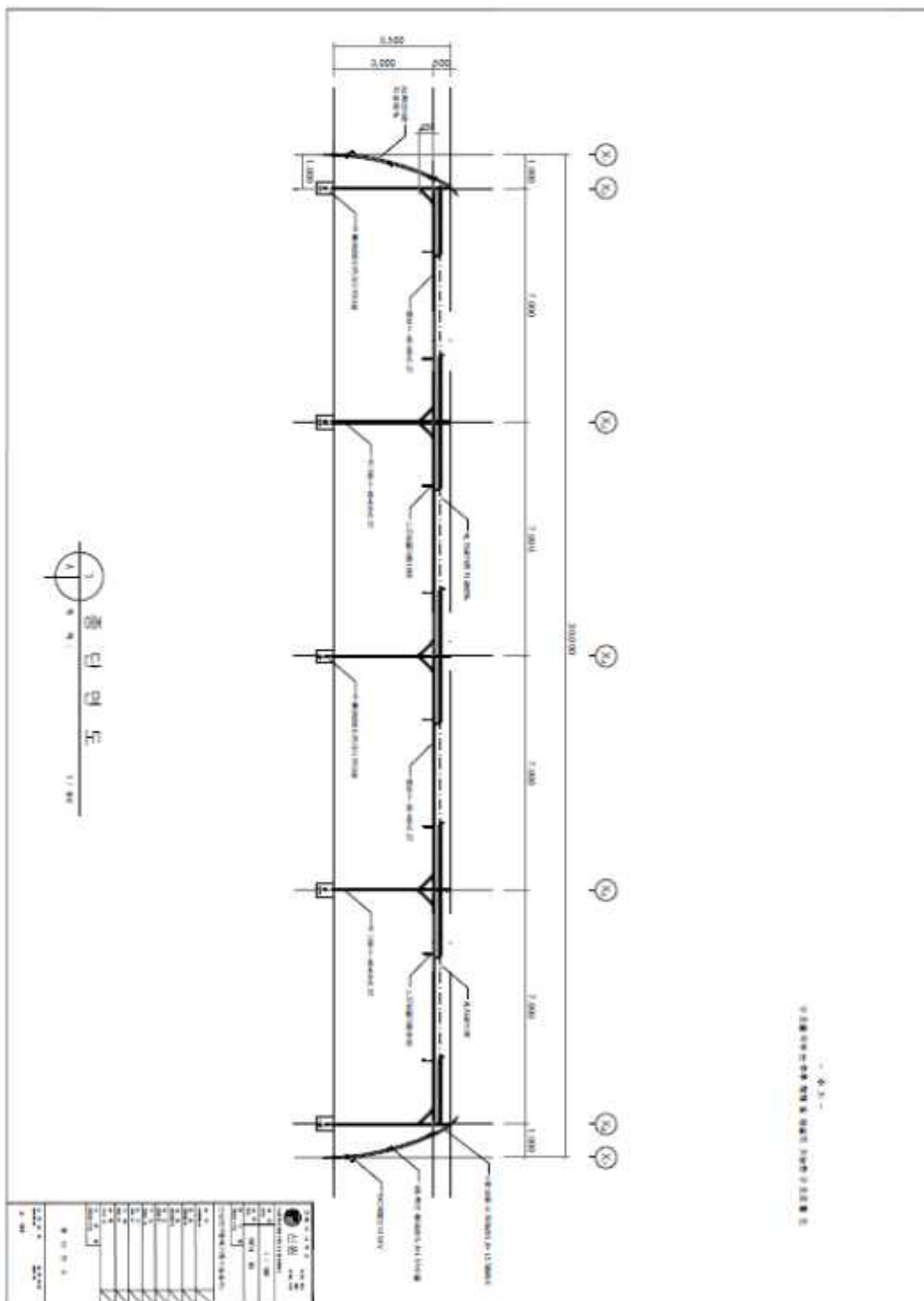


그림 15. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 종단면도

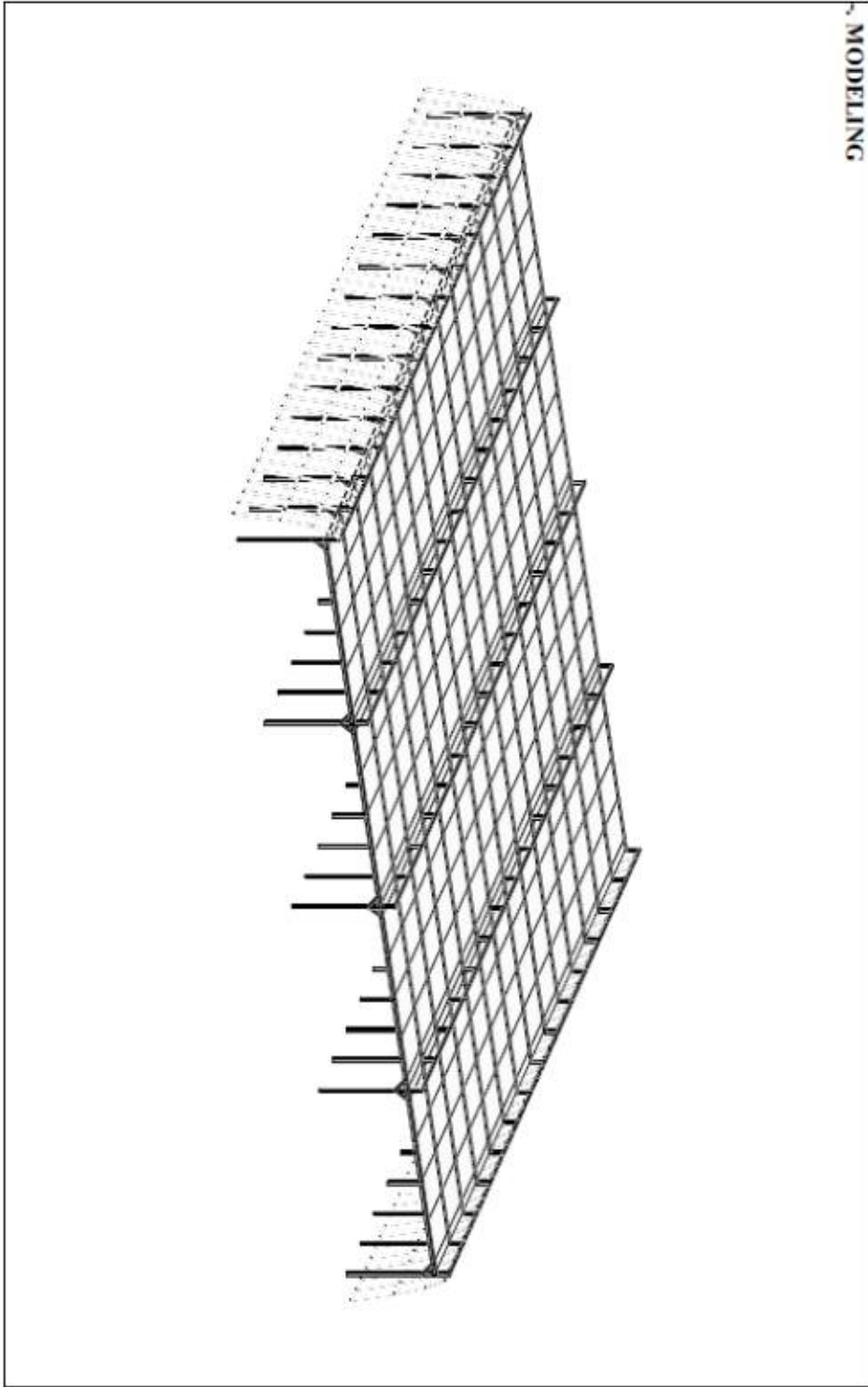


그림 16. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 내재해성 모델링

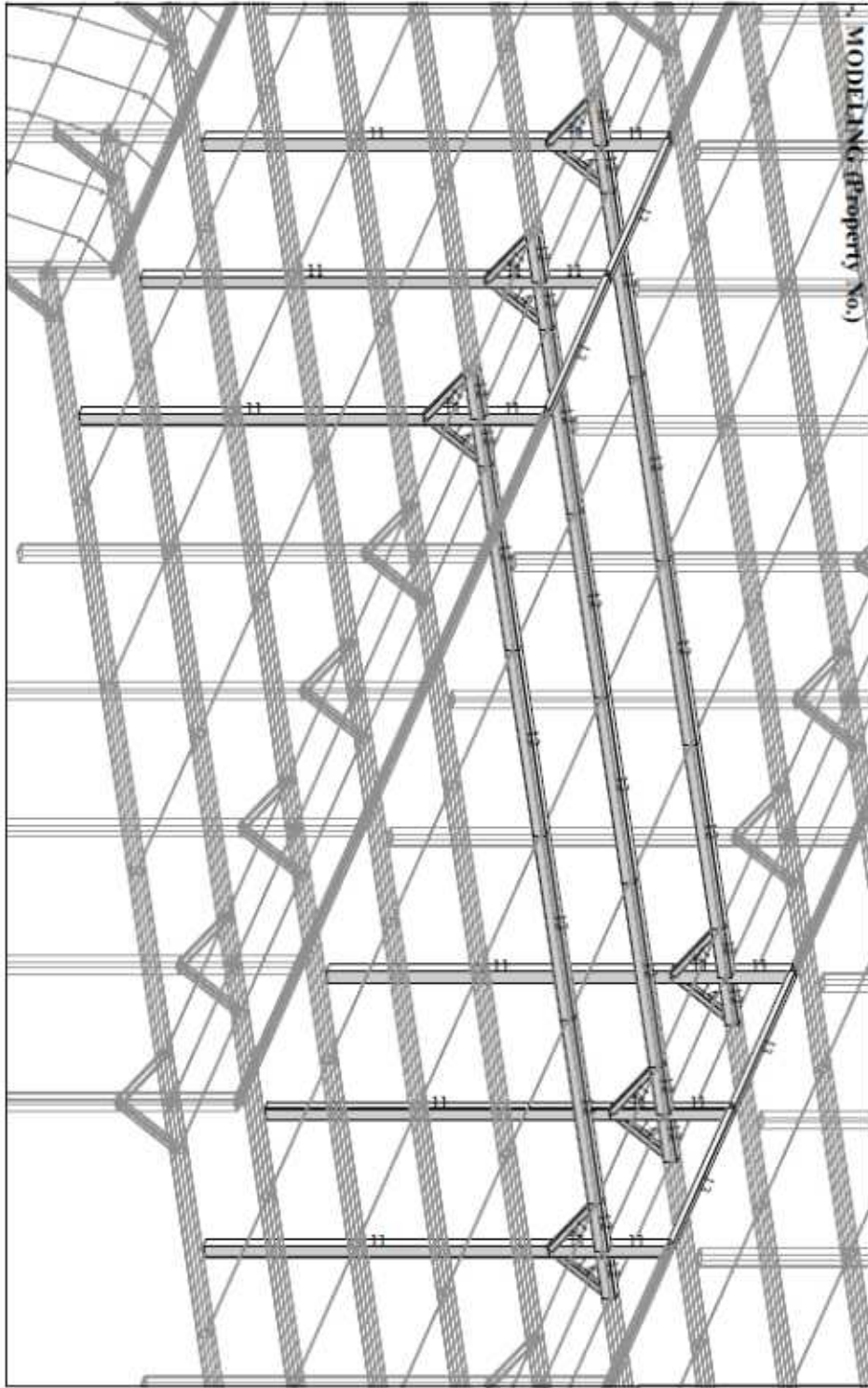


그림 17. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 내재해성 모델링 연결부

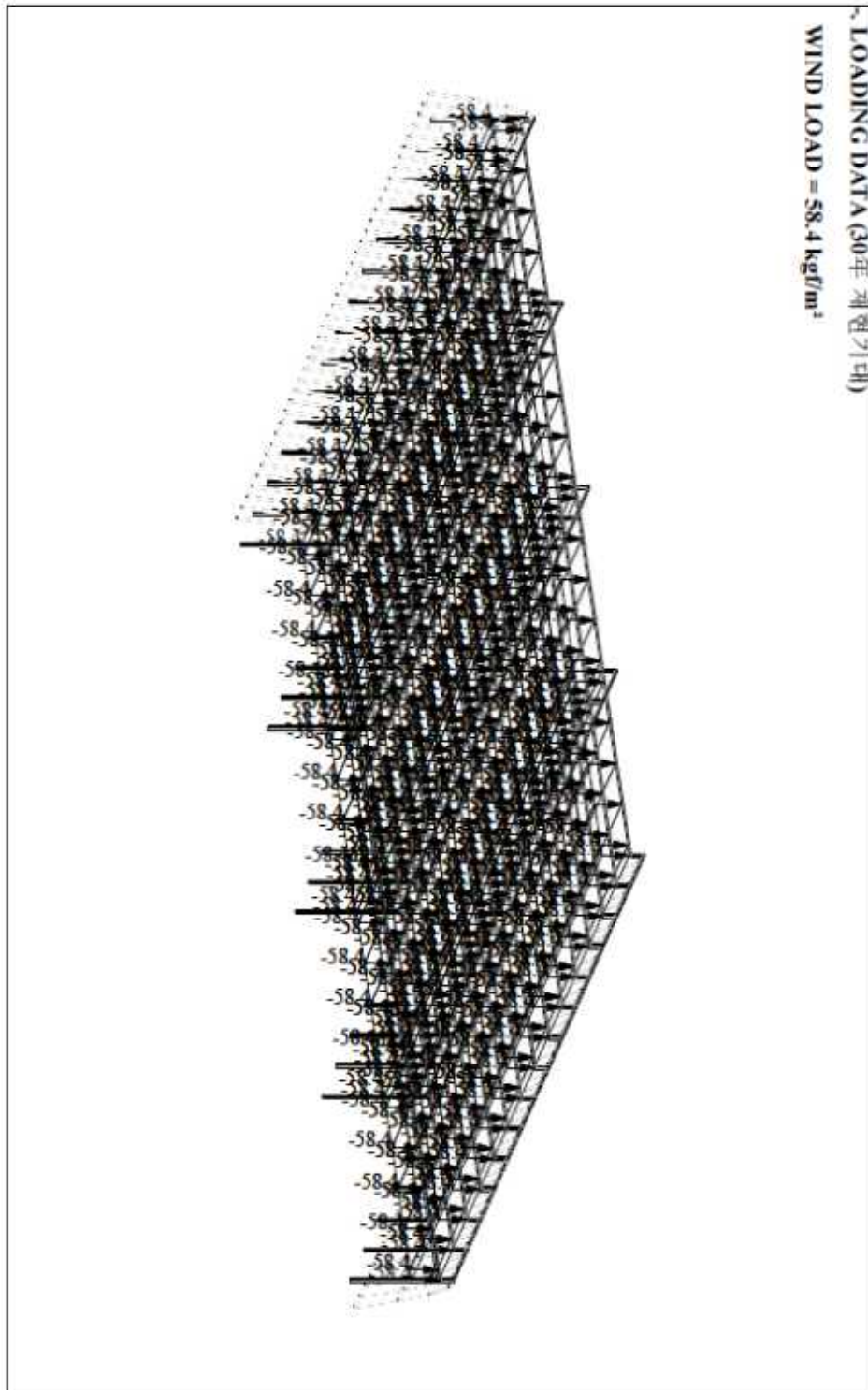


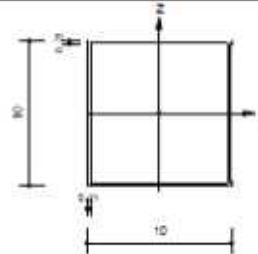
그림 18. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 내재해성 모델링 30년 재현기대치 입력

Certified by :

<b>MIDAS</b>	Company		Project Title	
	Author		File Name	G:\...인삼 광)\_16.07.06 (W=2,000).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-ASD03  
 Unit System : kgf, cm  
 Member No : 2040  
 Material : SS400 (No.1)  
 (Fy = 2396.33, Es = 2090418)  
 Section Name : B 100x100x2.1 (No.11)  
 (Built-up Section).  
 Member Length : 40.0000



2. Member Forces

Axial Force  $F_{xx} = -310.06$  (LCB: 1, POS:1)  
 Bending Moments  $M_y = -19544, M_z = 0.00000$   
 End Moments  $M_{yi} = -19544, M_{yj} = 227.627$  (for Lb)  
 $M_{zi} = -19544, M_{zj} = 227.627$  (for Ly)  
 $M_{zi} = 0.00000, M_{zj} = 0.00000$  (for Lz)  
 Shear Forces  $F_{yy} = 0.00000$  (LCB: 1, POS:1)  
 $F_{zz} = -494.29$  (LCB: 1, POS:1)

Depth	10.0000	Web Thick	0.21000
Flg Width	10.0000	Top F Thick	0.21000
Web Center	9.79000	Bot. F Thick	0.21000
Area	8.23360	Aez	4.20000
Qyb	38.9471	Qzb	38.9470
Iyy	131.424	Izz	131.424
Yber	5.00000	Zber	5.00000
Syy	28.2849	Szz	28.2849
ry	3.99767	rz	3.99767

3. Design Parameters


Unbraced Lengths  $L_y = 40.0000, L_z = 40.0000, L_b = 40.0000$   
 Effective Length Factors  $K_y = 1.00, K_z = 1.00$   
 Moment Factor / Bending Coefficient  $C_{my} = 0.85, C_{mz} = 0.85, C_b = 1.00$

4. Checking Results

Slenderness Ratio  
 $L/r = 65.0 < 300.0$  (Mem:13, LCB: 1) ..... 0.K  
 Axial Stress  
 $f_a/F_a = 37.71/1338.92 = 0.028 < 1.000$  ..... 0.K  
 Bending Stresses  
 $f_{by}/F_{by} = 743.54/1437.80 = 0.517 < 1.000$  ..... 0.K  
 $f_{bz}/F_{bz} = 0.00/1437.80 = 0.000 < 1.000$  ..... 0.K  
 Combined Stress (Compression+Bending)  
 $R_{max} = f_a/F_a + f_{by}/F_{by} + f_{bz}/F_{bz} = 0.545 < 1.000$  ..... 0.K  
 Shear Stresses  
 $f_{vy}/F_{vy} = 0.000 < 1.000$  ..... 0.K  
 $f_{vz}/F_{vz} = 0.123 < 1.000$  ..... 0.K

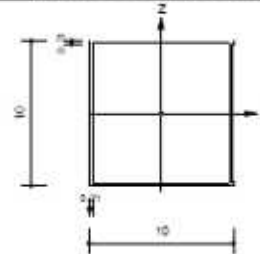
그림 19. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 checking 결과(1)

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author		File Name	G.V. 2016.07.06 (W=2,000).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-ASD03  
 Unit System : kgf, cm  
 Member No : 2062  
 Material : SS400 (No.1)  
 (Fy = 2396.33, Es = 2090418)  
 Section Name : B 100x100x2.1 (No.12)  
 (Built-up Section)  
 Member Length : 40.0000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -882.82 (LCB: 1, POS:J)  
 Bending Moments My = 26576.8, Mz = 0.00000  
 End Moments Myi = 0.00000, Myj = 26576.8 (for Lb)  
 Myi = 0.00000, Myj = 26576.8 (for Ly)  
 Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)  
 Shear Forces Fyy = 0.00000 (LCB: 1, POS:I)  
 Fzz = -885.71 (LCB: 1, POS:I)

Depth	10.0000	Web Thick	0.21000
Flg Width	10.0000	Top F Thick	0.21000
Web Center	6.79000	Bot. F Thick	0.21000
Area	8.22360	Aez	4.20000
Oyb	95.9471	Ozb	95.9470
Iyy	191.424	Izz	191.424
Ybar	5.00000	Zbar	5.00000
Syy	28.2848	Szz	28.2848
ry	3.99787	rz	3.99787

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 40.0000, Lz = 40.0000, Lb = 40.0000  
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00  
 Moment Factor / Bending Coefficient Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio  
 L/r = 38.8 < 300.0 (Mem:23, LCB: 1) ..... 0.K  
 Axial Stress  
 fa/Fa = 107.33/1338.92 = 0.080 < 1.000 ..... 0.K  
 Bending Stresses  
 fb/Fby = 1011.10/1437.80 = 0.703 < 1.000 ..... 0.K  
 fbz/Fbz = 0.00/1437.80 = 0.000 < 1.000 ..... 0.K  
 Combined Stress (Compression+Bending)  
 Rmax = fa/Fa + fboy/Fboy + fbz/Fbz = 0.784 < 1.000 ..... 0.K  
 Shear Stresses  
 fvy/Fvy = 0.000 < 1.000 ..... 0.K  
 fvz/Fvz = 0.185 < 1.000 ..... 0.K

그림 20. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 checking 결과(2)

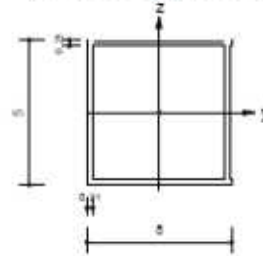


Certified by :

MIDAS	Company		Project Title	
	Author		File Name	G.L. 인삼 광폭해가림_16.07.06 (W=2,000).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-ASD03  
 Unit System : kgf, cm  
 Member No : 2296  
 Material : SS400 (No.1)  
 (Fy = 2396.33, Es = 2090418)  
 Section Name : B 50x50x2.1 (No.13)  
 (Built-up Section)  
 Member Length : 70.0000



2. Member Forces

Axial Force  $F_{xx} = -0.1229$  (LCB: 1, POS:1)  
 Bending Moments  $M_y = -121.45$ ,  $M_z = 124.434$   
 End Moments  $M_{yi} = -121.45$ ,  $M_{yj} = -83.420$  (for Lb)  
 $M_{zi} = -121.45$ ,  $M_{zj} = -83.420$  (for Ly)  
 $M_{zi} = 124.434$ ,  $M_{zj} = 72.2817$  (for Lz)  
 Shear Forces  $F_{yy} = 0.74532$  (LCB: 1, POS:1)  
 $F_{zz} = -1.6486$  (LCB: 1, POS:1)

Depth	5.00000	Web Thick	0.21000
Flg Width	5.00000	Top F Thick	0.21000
Web Center	4.79000	Bot. F Thick	0.21000
Area	4.00360	Asz	2.10000
Qyb	8.60966	Qzb	8.60966
Iyy	16.4169	Izz	16.4169
Ybar	2.60000	Zbar	2.60000
Syy	6.18636	Szz	6.18636
ry	1.96739	rz	1.96739

3. Design Parameters


Unbraced Lengths  $L_y = 70.0000$ ,  $L_z = 70.0000$ ,  $L_b = 70.0000$   
 Effective Length Factors  $K_y = 1.00$ ,  $K_z = 1.00$   
 Moment Factor / Bending Coefficient  $C_{my} = 1.00$ ,  $C_{mz} = 1.00$ ,  $C_b = 1.00$

4. Checking Results

Slenderness Ratio  $L/r = 102.2 < 300.0$  (Mem:47, LCB: 1)..... 0.K  
 Axial Stress  $f_a/F_a = 0.03/1306.29 = 0.000 < 1.000$  ..... 0.K  
 Bending Stresses  $f_{by}/F_{by} = 19.70/1581.56 = 0.012 < 1.000$  ..... 0.K  
 $f_{bz}/F_{bz} = 20.18/1581.56 = 0.013 < 1.000$  ..... 0.K  
 Combined Stress (Compression+Bending)  $R_{max} = f_a/F_a + f_{by}/F_{by} + f_{bz}/F_{bz} = 0.025 < 1.000$  ..... 0.K  
 Shear Stresses  $f_{vy}/F_{vy} = 0.000 < 1.000$  ..... 0.K  
 $f_{vz}/F_{vz} = 0.001 < 1.000$  ..... 0.K

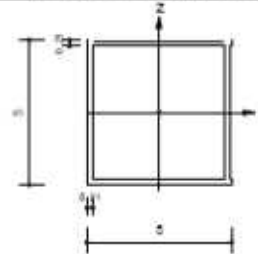
그림 21. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 checking 결과(3)

Certified by :

	Company		Project Title	
	Author		File Name	G:\...명)_16.07.06 (W=2,000).mgb

1. Design Information

Design Code : KSSC-ASD03  
 Unit System : kgf, cm  
 Member No : 2074  
 Material : SS400 (No:1)  
 (Fy = 2396.33, Es = 2090418)  
 Section Name : B 50x50x2.1 (No:14)  
 (Built-up Section).  
 Member Length : 56.5685



2. Member Forces

Axial Force  $F_{xx} = 1348.71$  (LCB: 1, POS:J)  
 Bending Moments  $M_y = 0.00000$ ,  $M_z = 0.00000$   
 End Moments  $M_{yi} = 0.00000$ ,  $M_{yj} = 0.00000$  (for Lb)  
 $M_{zi} = 0.00000$ ,  $M_{zj} = 0.00000$  (for Lz)  
 Shear Forces  $F_{yy} = 0.00000$  (LCB: 1, POS:I)  
 $F_{zz} = 0.00000$  (LCB: 1, POS:I)

Depth	5.00000	Web Thick	0.21000
Flg Width	5.00000	Top F Thick	0.21000
Web Center	4.79000	Bot. F Thick	0.21000
Area	4.00360	Axz	2.10000
Qyb	8.80955	Qzb	8.80955
Iyy	15.4159	Izz	15.4159
Yber	2.50000	Zber	2.50000
Syy	6.18835	Szz	6.18835
ry	1.95739	rz	1.95739

3. Design Parameters

Unbraced Lengths  $L_y = 56.5685$ ,  $L_z = 56.5685$ ,  $L_b = 56.5685$   
 Effective Length Factors  $K_y = 1.00$ ,  $K_z = 1.00$   
 Moment Factor / Bending Coefficient  $C_{my} = 1.00$ ,  $C_{mz} = 1.00$ ,  $C_b = 1.00$

4. Checking Results

Slenderness Ratio  
 $L/r = 28.9 < 300.0$  (Mem:2074, LCB: 1) ..... 0.K  
 Axial Stress  
 $f_t/F_t = 335.20/1437.80 = 0.233 < 1.000$  ..... 0.K  
 Bending Stresses  
 $f_{by}/F_{by} = 0.00/1581.58 = 0.000 < 1.000$  ..... 0.K  
 $f_{bz}/F_{bz} = 0.00/1437.80 = 0.000 < 1.000$  ..... 0.K  
 Combined Stress (Compression+Bending)  
 $R_{max} = 0.233 < 1.000$  ..... 0.K  
 Shear Stresses  
 $f_{vy}/F_{vy} = 0.000 < 1.000$  ..... 0.K  
 $f_{vz}/F_{vz} = 0.000 < 1.000$  ..... 0.K

그림 22. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 checking 결과(4)

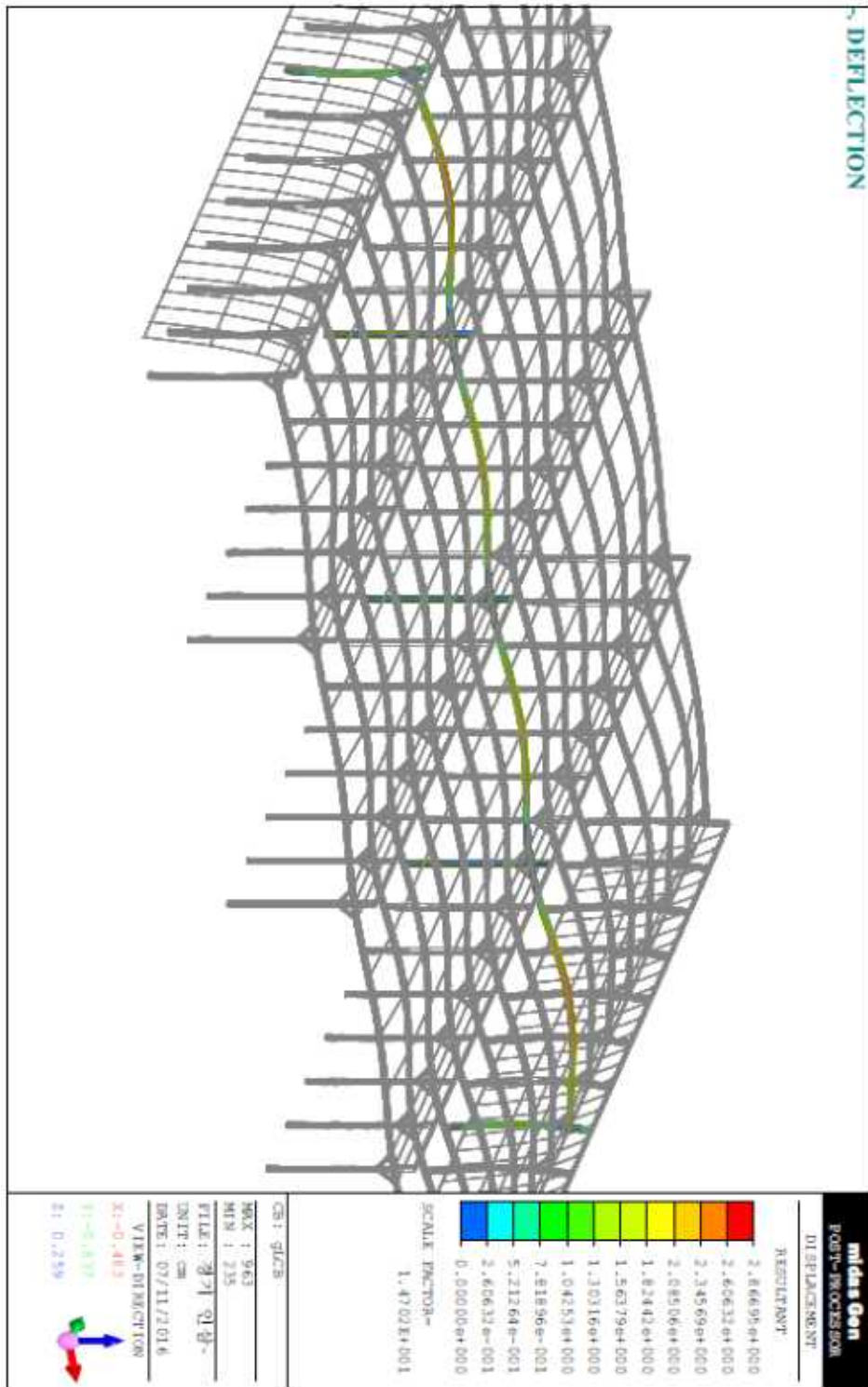


그림 23. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 deflection

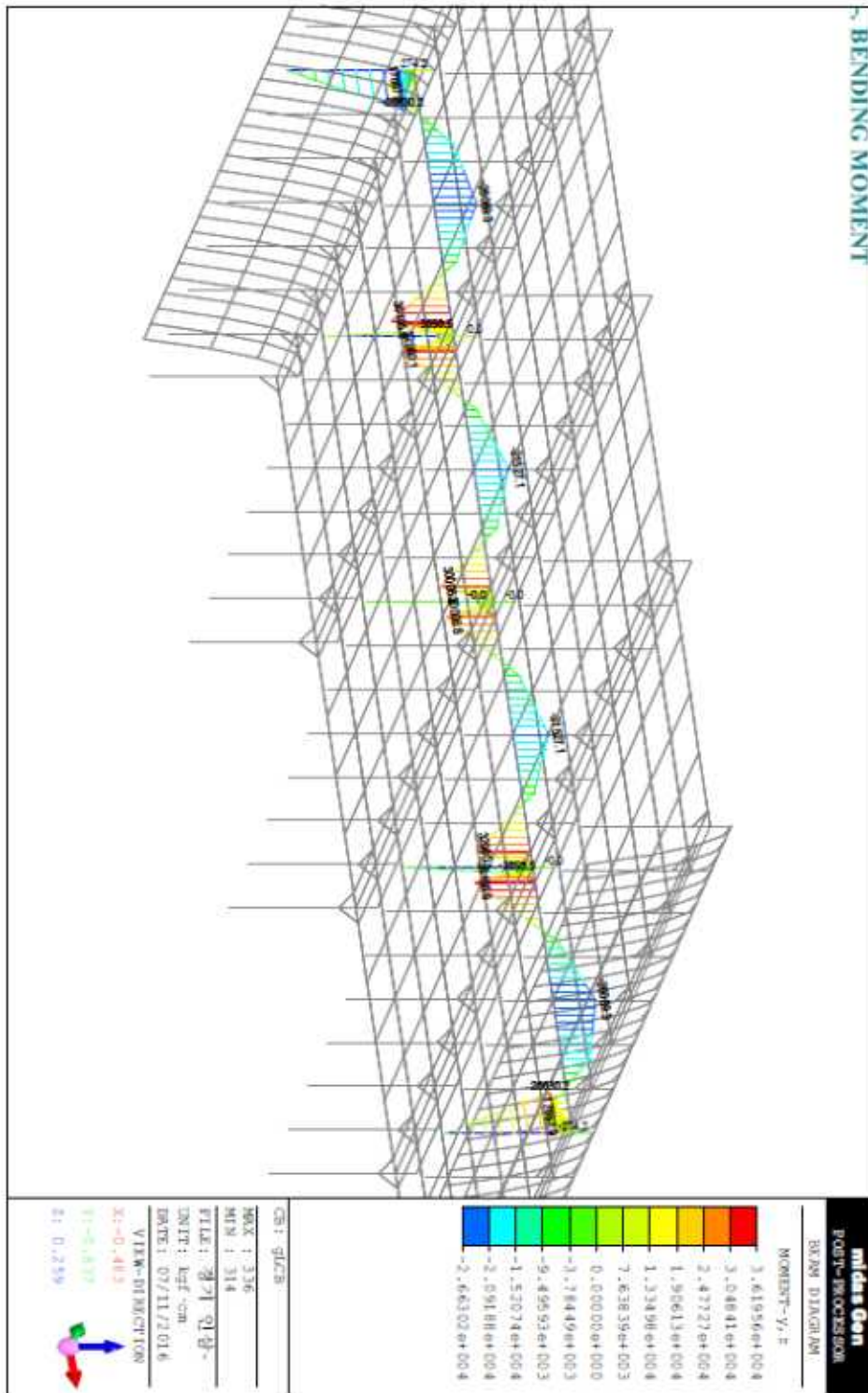


그림 24. 인삼 광폭해가림 시설 최종안 bending moment

## 2. 피복자재 선발 시험

### 가. 선발 필요성

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 두릅나무과 (Araliaceae)에 속하는 여러해살이 반음지성 식물로 고온 또는 강한 빛에 노출되면 엽소현상이 일어나 해가림시설이 필수적이다.

과거에는 차광자재로 벚짚을 사용하였으나 부식되기 쉽고 투과되는 광량이 적어 1980년대부터 polyethylene (PE)으로 만든 피복물이 널리 쓰이고 있다. 그중 흑색 3중직 차광망부터 청색 3겹 + 흑색 1겹의 4중직 차광망 순으로 사용됐는데 망 사이의 누수로 적변삼과 점무늬병 등이 다발한다는 단점이 있다(Kim and Lee, 2002). 이를 보완하고자 근래 들어 다양한 종류의 차광지가 농가에 보급되고 있는데 빗물의 직접적인 유입을 막아 토양 과습과 병 발생을 줄일 수 있기 때문이다(Lee, 2007b).

한편, 인삼은 전엽 후 최적온도가 21 ~ 25°C로 비교적 저온이라 30°C 이상에서는 광합성 효율이 급격히 감소되며 30°C 이상의 온도가 7일 이상 지속되면 고온장해가 나타난다. 고온장해 시 인삼 잎은 가장자리부터 서서히 타들어가고 심한 경우 잎이 탈락되면서 생장을 멈춘다(Lee et al., 2012). 게다가 여름철 고온기에 외부 기온이 30°C 이상일 경우 해가림시설 내 기온은 구조상 외부 기온보다 3 ~ 4°C 정도 높은 33 ~ 34°C까지 상승되어 고온피해에 더욱 취약한 실정이다(An et al., 2009).

지구 온난화로 이상고온이 상시화된 요즘 인삼 고온피해 면적은 매년 증가하고 있는 추세다. 무더위 초기에는 3년생 미만의 저년근 위주로 발생하다가 점차 4 ~ 6년근으로 확대되고 폭염이 장기간 지속됨에 따라 산간 또는 고위도 지역에서도 고온 피해가 발생된다. 고온피해가 심한 경우 수분 부족과 염류농도 상승이 동반되어 지상부가 고사하며 일부 인삼에서 뿌리썩음이 발생되기도 한다(RDA, 2014).

인삼 고온피해는 온도뿐만 아니라 광량 또는 광질과도 연관되어 차광자재의 영향을 많이 받는다(Jang et al., 2016). Lee 등 (2013)은 차광자재별 인삼 수량을 조사한 결과 청색 차광지 > 은박 차광판 > 4중직 차광망 순으로 청색 차광지의 내부 유입 광량이 많았음에도 광질 특성상 고온피해를 덜 받았기 때문으로 추정하였다. 또한 *Panax quinquefolium*의 잎 황화정도는 적색 > 흰색 > 청색 > 황색 > 녹색 순이라는 연구결과도 있어 차광자재의 광질 변화가 고온피해를 경감시키는 요인이 될 수 있을 것이다(Lee et al., 1999). 이 같은 이유로 최근 충청도와 경기도 일대에서 녹색 계열의 국방색 차광지가 널리 사용되고 있지만 새로 개발된 차광자재인 만큼 관련 연구결과가 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 4중직 차광망, 청색 차광지, 은박 차광판, 국방색 차광지 등 4종의 차광자재를 해가림시설에 설치하고 내부 미기상 및 엽록소 함량 변화를 조사하여 인삼 고온피해 경감을 위한 기초 자료를 마련코자 하였다.

### 나. 피복자재 특성평가 및 인삼 고온피해 조사

#### 포장조성

시험포장에서 2년간 예정지관리 후 2018년 3월경 이랑과 고랑의 넓이를 각각 90 cm씩 두둑 높이는 30 cm로 조성하였다. 두둑 방향은 동서 방향에서 남으로 약 20도의 편각을 두었으며 4월 초순에 0.8g 내외의 균일한 묘삼 (*Panax ginseng* Meyer)을 7행 10열 (70주/3.3 m<sup>2</sup>)로 이식하였다.

#### 차광조건

목재 A형 해가림시설에 차광자재로 4중직 차광망, 청색 차광지, 은박 차광판, 국방색 차광지를 설



치하고 온도가 높아지기 시작하는 6월 상순부터 후색 2중직 차광망을 약 20 cm가량 띄워 추가 피복하였다. 시험 배치는 난괴법 3반복이었고 처리별 면적은 구당 16.5 m<sup>2</sup>였다.

#### 미기상조사

고온기 차광자재별 내부로 유입되는 가시광선 영역대의 광질은 MK350S (UPRtek, Miaoli County, Taiwan)를 투광량은 Li-1400 data logger (Li-COR, Lincoln, NE, USA)를 이용하였다. 대기온도는 Thermo Recorder TR-72Ui를 차광자재 바로 아래와 인삼 잎 높이 부근에 설치하여 측정하였다. 투광량과 기온은 날이 맑고 온도가 가장 높았던 8월 13일부터 17일까지 5일간의 평균값을 조사하였다.

#### 엽록소함량 및 생육 측정

차광자재별 엽록소함량은 SPAD-502 (Minolta, Tokyo, Japan)로 두둑 중간에 있는 인삼의 가운데 잎을 10반복하여 측정하였다. 측정 시기는 추가 피복을 한 6월 초부터 고온기가 끝나는 9월 초까지 약 30일 간격으로 하였다. 10월 하순, 차광자재 처리별 인삼을 수확 후 Digimatic calipers (caliper 500-182, Mitutoyo, Tokyo, Japan)와 Electronic scale (RE260, CAS, Seoul, Korea)로 근장, 근직경, 근중 등 뿌리생육을 조사하였다.

#### 고온피해 및 적변 발생정도 조사

인삼 생리장해 발생정도는 농촌진흥청의 농업과학기술 연구 조사 분석기준 (NIAS, 2012)에 준하여 엽에 발생하는 고온피해 증상과 뿌리에 발생하는 적변을 대상으로 조사하였다. 고온피해는 9월 상순경 3.3 m<sup>2</sup>당 출현된 개체에서 적변은 수확한 뿌리에서 증상의 심한 정도를 육안으로 구분하여 조사하였다.

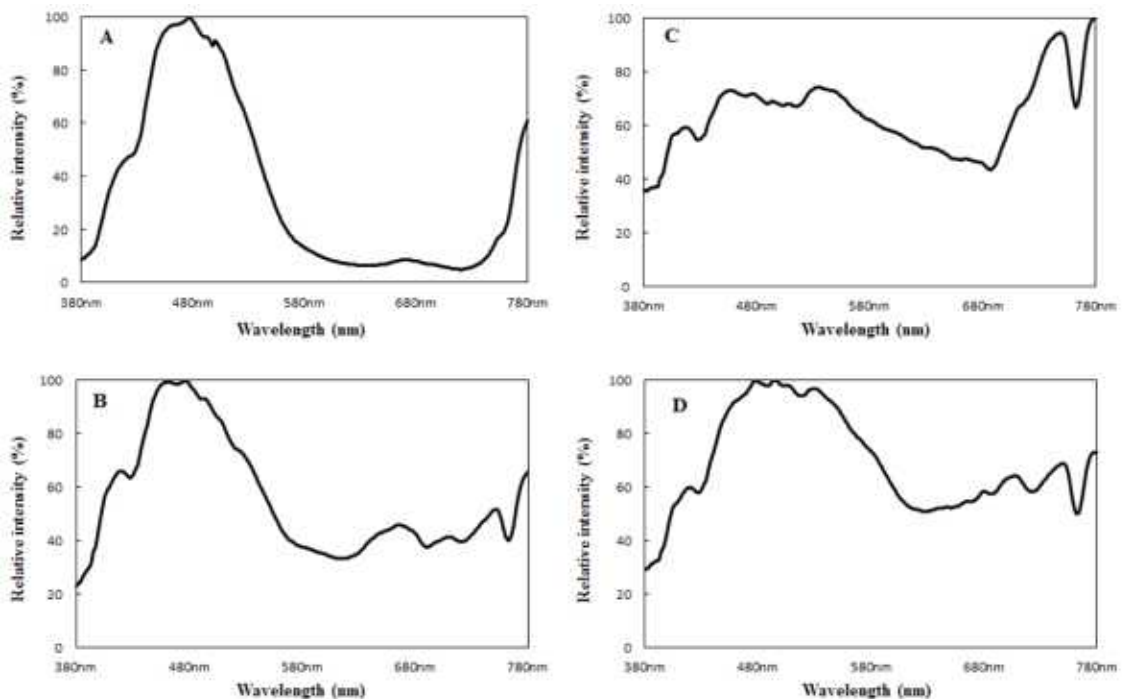


그림 25. 차광자재 종류별 광파장 특성조사

#### 다. 선발결과 및 고찰

차광자재별 내부로 유입되는 380 nm ~ 780 nm 가시광선 영역대의 파장은 Fig. 1과 같다. 4중직 차광망은 상대적 광 세기가 377 nm에서 가장 높았다가 719 nm의 4.87%까지 낮아진 후 다시 증가하는 추세였다. 청색 차광지는 국방색 차광지보다 청색광을 제외한 500 ~ 780 nm의 영역에서 상대적



광 세기가 낮았지만 패턴은 유사하였다. 은박 차광판은 687 nm부터 증가하여 780 nm가 가장 높아 다른 차광자재와 반대되는 광질 양상이었다.

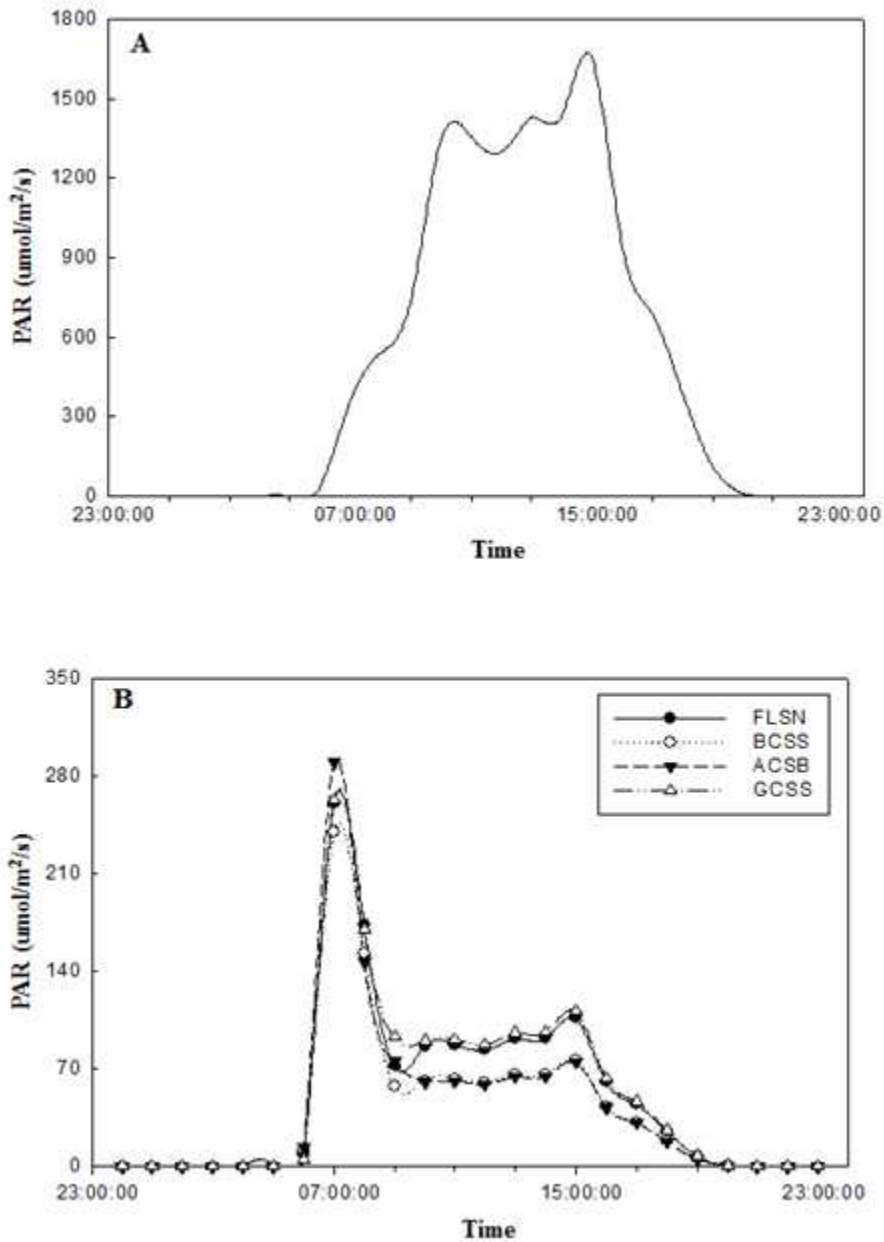


그림 26. 외부 광량대비 차광자재 종류 및 시간대별 광 유입량 조사

오전 6시부터 8시까지의 외부 광량은  $600 \text{ umol/m}^2/\text{s}$  미만으로 오전 8시 이후보다 낮았던 반면 해가림시설 내 두둑 가운데서 측정된 내부 광량은 차광자재에 상관없이 오전 7시는  $280 \text{ umol/m}^2/\text{s}$ , 오전 8시는  $140 \text{ umol/m}^2/\text{s}$ 로 높았다(Fig. 2). 해가림시설의 구조적 특성상 해의 이동경로에 따라 광이 두둑 내부로 깊숙이 들어오는데 한여름인 8월경에는 오전 9시 후에 직사광이 차단되었다. 이는 두둑 후주를 제외하고 4 ~ 5월에도 오전 6시부터 8시까지의 유입 광량이 8시 이후보다 2 ~ 3배가량 많다는 연구 결과와 일치하였다(An et al., 2009). 오전 9시부터는 외부와 비교하여 내부 광량이 투과율 개념으로 유입되었는데 국방색 차광지 (6.7%) > 4중직 차광망 (6.4%) > 청색 차광지 (4.6%) > 은박 차광판 (4.5%) 순이었다. 차광자재에 상관없이 유입된 오전의 강한 광량은 온도가 낮은 환경에서 광합성효율을 보다 증대시키지만(Hyun et al., 1993) 고온기에는 인삼의 광포화점이 낮아지며 고

온장해를 촉진시킬 수 있다(Lee, 2007a).

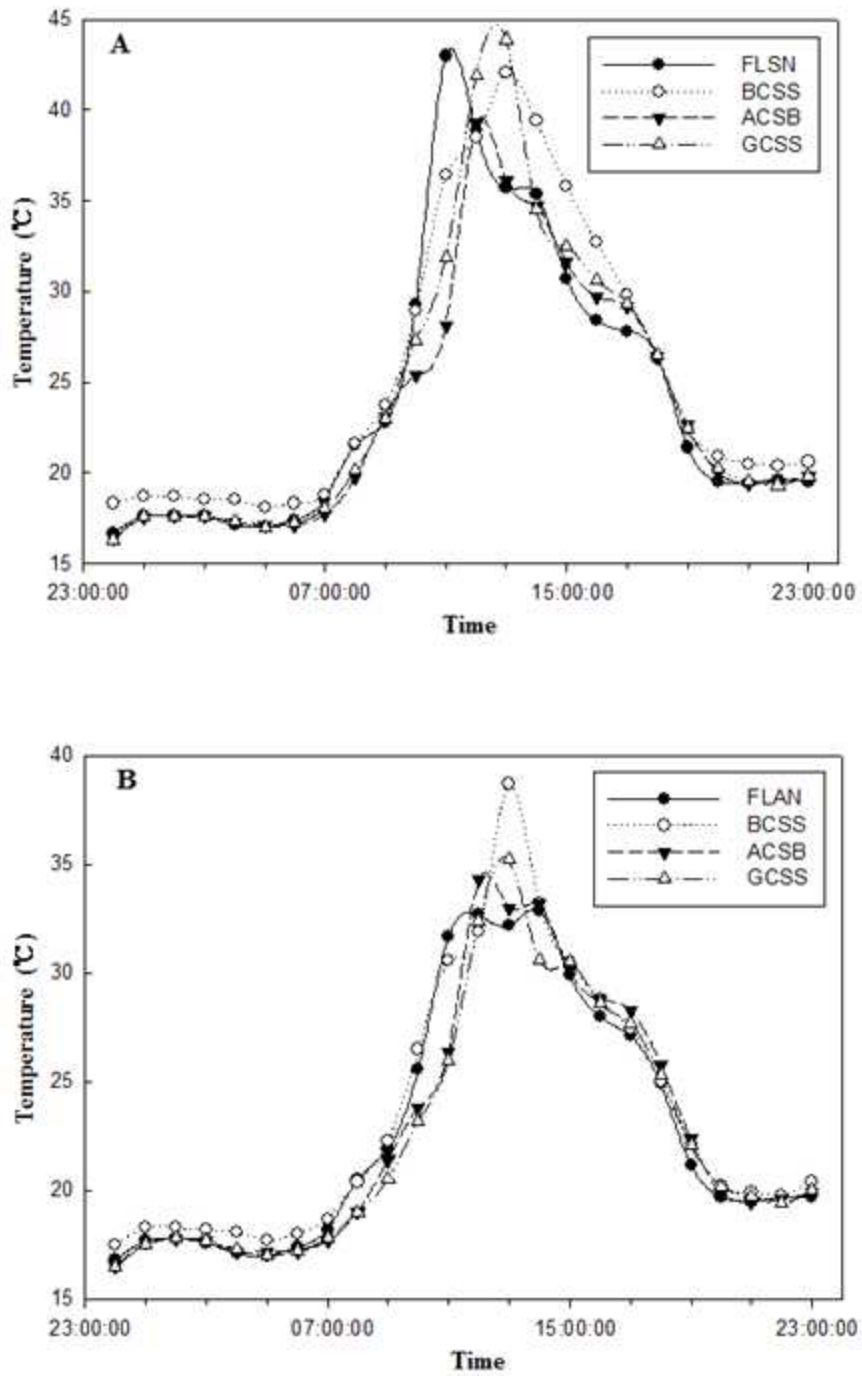


그림 27. 외부 광량대비 차광자재 종류 및 시간대별 광 유입량 조사

오전 8시부터 오후 7시까지 차광자재 근접부의 평균 온도는 청색 차광지 (31.5℃) > 국방색 차광지 (30.3℃) > 4중직 차광망 (30.1℃) > 은박 차광판 (28.8℃) 순으로 인삼 잎 높이의 평균 온도인 청색 차광지 (28.9℃) > 4중직 차광망 (27.7℃) > 국방색 차광지 (27.6℃) > 은박 차광판 (27.1℃)과 비슷한 경향이였다(Fig. 3). 특히 최고온도는 잎 부근이 청색 차광지 (38.7℃) > 4중직 차광망 (37.4℃) > 국방색 차광지 (35.2℃) > 은박 차광판 (34.3℃) 순이었는데, 차광자재 근접부도 유사한 순서인 것으로 봐 광투과율보다 자재의 열전도 능력이 해가림시설 내 온도 변화에 영향을 끼치는 것으로 판단된다. 차광지는 청색이 국방색보다 광투과율이 약간 낮음에도 온도가 높은 경향이였다. 차광망 중 청색이 검정색(Mok et al., 1994) 또는 노란색(Lee et al., 2007)보다 시설 내 대기온도가 높았다는 선행 연구 결과와 유사하였다. 단과장은 열원이 상대적으로 높아 폐쇄된 환경에서 온도 상승에 영향을 미쳤을 것으로 추론된다.

폭염에 대비해 흑색 2중직 차광망을 덧씌우기 전인 6월 4일, 차광자재별 인삼의 SPAD 평균값은 은박 차광판만 31.8로 다른 처리구들보다 엽록소 함량이 낮았다(Fig. 4). 은박의 특성상 빛이 반사되었기 때문으로 보이며 피해를 줄이기 위해서는 은박 차광판 설치 시 후주 연결 부위를 높여 약 24도의 해가림 경사를 보다 낮추는 게 필요할 것이다. 폭염이 시작된 7월 2일부터 4중직 차광망의 엽록소 함량이 급격히 낮아져 9월 5일까지 청색 차광지 > 국방색 차광지 > 은박 차광판 > 4중직 차광망의 순서가 유지되었다. Cheon 등 (2003)은 4중직 차광망에 청색 2중직 차광망을 덧씌웠을 때 누수율이 6.2%라 보고하였는데, 망 사이로 떨어진 빗물은 점무늬병 또는 탄저병의 밀도를 증가시켜 잎이 약한 상태에서(Kim et al., 2010) 비교적 높은 광투과율에 노출되었기 때문으로 판단된다.

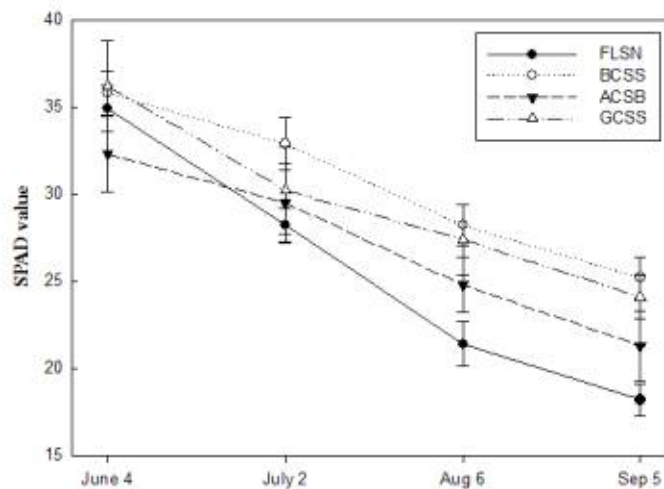


그림 28. 차광자재별 인삼 엽록소함량 변화

9월 5일경 조사한 고온장해 발생률은 엽록소 함량이 낮은 순으로 높았는데, 피해 발생정도는 차이가 보다 분명했다(Fig. 5). 청색 차광지(6.9%)와 국방색 차광지(8.6%)는 유의적인 차이가 없었지만 은박 차광판과 4중직 차광망은 30%가 넘는 고온피해를 입었다. 은박 차광판의 경우 자재 특성상 가장 낮은 대기 온도가 조성되었지만 고온피해를 많이 입은 데는 기존의 광 반사뿐만 아니라 광질 특성 과도 연관이 있어 보인다. Fournier 등 (2003)과 Yang 등 (1987)은 적색광이 인삼 잎의 광분해를 촉진시켜 singlet oxygen( $^1O_2$ )을 생성하고 광산화를 유발시킨다고 하였다. 은박 차광판이 다른 차광자재보다 680 nm 이상의 적색광 영역에서 상대적 광 세기가 높은 결과로 추측하건대 활성 산소종의

생성이 광계 II 활성을 저해해 고온피해가 증가했을 것으로 보인다(Jang et al., 2015).

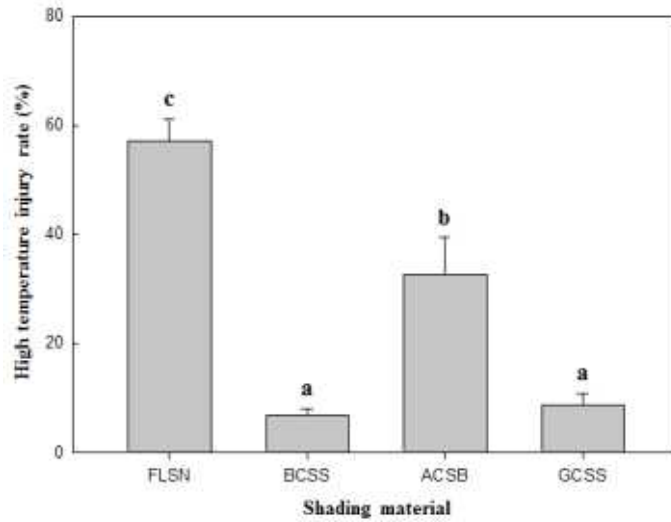


그림 28. 차광자재별 인삼 고온피해 정도 조사

당해년도 수확 후 뿌리 생체중은 은박 차광판 > 국방색 차광지 > 청색 차광지 > 4중직 차광망 순서로 높았다(Table 1). 은박 차광판 내 인삼에서 고온피해가 발생했음에도 생체중이 가장 높은 건, 청색광보다 적색광에서 광합성효율이 17% 가량 높고 생체중은 20% 증가한다는 기존 연구 결과로 해석된다(Yu et al., 2005). 반면 4중직 차광망의 경우, 고온피해뿐만 아니라 누수로 토양 수분함량이 높아져 적변 발생률이 25% 가량 증가되며 생체중에 영향을 미친 것으로 보인다.

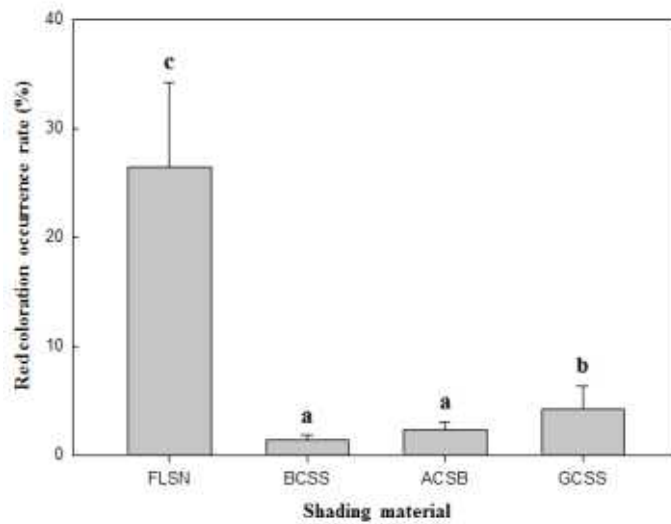


그림 28. 차광자재별 인삼 적변피해 정도 조사

본 연구 결과, 차광자재의 미기상에 따라 인삼의 고온피해 발생양상이 변하는 것을 확인하였다. 위 결과들을 종합하여 볼 때 시설 내 온도는 자재 특성에 결정되는 듯하며 은박 차광판이 우수하였다. 온도뿐만 아니라 광질 등 여러 환경 요인에 따라 고온피해는 발생될 수 있는데 청색 또는 국방색 차광지 내 인삼의 피해가 적었다. 뿌리 생체중은 은박 차광판 내 인삼이 높았으나 고온피해에 취약할 수 있어 국방색 차광지를 이용하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 고착화되는 폭염에 대응하여 국방색 계열의 차광판을 개발하거나 오전 입사광을 줄이도록 재배법을 개선하는 등 향후 추가적인 연

구도 병행되어야 할 것이다.

차광자재	근장 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g)
사중직 차광망 (FLSN)	16.01 (b)	7.09 (b)	2.54 (c)
청색 차광지 (BCSS)	13.44 (c)	8.66 (a)	3.91 (b)
은박 차광지 (ACSB)	19.74 (a)	9.34 (a)	5.01 (a)
녹색 차광지 (GCSS)	18.72 (a)	8.43 (a)	4.37 (ab)

표 4. 차광자재별 인삼 지하부 생육

### 3. 개발된 인삼 광폭해가림시설 설치

#### 가. 인삼 식재를 위한 예정지관리

2015년 6년근 인삼을 수확한 포장을 2017년부터 광폭해가림시설 설치에 사용하기 위한 관리를 실시하였다. 인삼을 재작할 시는 특정 병해충 발생, 토양반응 이상 등의 장애가 발생하므로 예정지 관리를 하였다. 전작물로 수단그라스를 2016년 5월에 파종한 뒤 8월경에 예취하였다. 생체중은 4,260kg/10a 이었으며 건물중은 1,980kg/10a이었다. 이후 부숙기간을 거친 뒤 토양에 혼입하였다. 혼입 후 겨울철을 제외하고는 2주 간격으로 트랙터로 고르게 밟아 흩을 쳐 인삼이 생육할 수 있는 토양환경을 만들었다.



그림 29. 지붕식 광폭해가림시설 설치 작업과정

#### 나. 콘크리트타설

태풍에 대한 지지차원에서 콘크리트를 타설하였다. 양지붕식 해가림시설의 경우 사각기둥마다 지

름 30cm, 깊이 50cm의 원형 콘크리트를 타설하였는데 별도의 공간에서 콘크리트를 굳힌 뒤 기둥으로 쓰일 사각파이프와 용접작업을 하였다. 용접작업을 마친 기둥은 3m 간격으로 폭은 7m로 하여 포장에 옹기 뒤 마감작업을 하였다.

다. 기둥작업

기둥은 2.5m 높이로 5mm 와이어가 지나갈 수 있는 구멍을 내고 와이어를 연결했다.

라. 트랙터운용

2017년 3월 16일 땅이 풀리기를 기다려 트랙터로 정운작업을 하였다. 경복식은 높이가 높아 차광망을 설치한 상태에서 작업하였고 양지붕식과 경기식은 망을 설치하기 전에 트랙터작업을 마쳤다.

마. 로터리 및 두둑생성

경기식 및 경복식 해가림시설의 경우 **두둑 고랑은 1.5m, 이랑은 0.8m로 하여 7m 1칸당 3두둑**이 형성되도록 로터리 작업을 하였다. 양지붕식 해가림시설은 420㎡면적으로 작업을 하였으며 작업이 마치자마자 평균 1.8g의 2년근 인삼을 포장에 3.3㎡당 11주씩 10열로 이식 작업을 하였다.

해가림시설	설치비용(원)	
	10,000㎡(3,000평)	3.3㎡(1평)
양지붕식(인삼과)	161,103,695	53,700
경기식(경기도원)	219,177,689	73,100
경복식(경북도원)	339,659,852	113,200
관행(철재, A-1)	88,966,700	29,600
관행(목재, A-4)	55,960,000	18,600

표 5. 충북(음성)지역 해가림시설 설치에 따른 비용비교

바. 차광망 설치

양지붕식 해가림시설의 경우 차광망으로 95% 격자형 직조방식의 검은색 차광망을 사용하였다. 무게는 ㎡당 200g이었다. 차광망을 폭6m, 길이 15m로 천막사에서 가공하였고 당겼을 때 텐션을 유지하도록 설치하였다. 천막 가장자리에는 50cm간격으로 구멍을 낸 뒤 망의 위와 아래는 한랭사로 당기는 방식으로 고정하였다. 망을 여닫는 부위는 겨울철 폭설을 대비하여 폼다가 접어야하기 때문에 원형클립을 물게 하여 쉽게 여닫을 수 있도록 하였다. 망을 설치하는 작업은 2명이 작업하였으며 걸린 시간을 측정하여 아래와 같은 데이터를 만들었다.

해가림시설	양지붕식 (인삼과)	경기식 (경기도원)	경복식 (경북도원)	관행해가림시설
차광망 설치작업시간 (시간/인/10a)	8.2	10.4	16	25.6

표 6. 해가림시설 유형별 차광망 설치작업 시간



1 인삼광복해가림 시설 인속 공사 - C 시설 공사

종 명	규 격	단위	수량	재료비		노무비		경비		합계		비고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
구조물 강철 골격(벽간)	75*75*2.3t	M	2,644.0	7,390	19,380,520		-		-	7,390	19,380,520	
일반급탕	D=19mm	KG	1,111.0	710	788,810		-		-	710	788,810	
급탕용작업자설계	간단	KG	16,963.0	213	3,613,119	1,380	28,801,340		-	1,793	30,414,659	
녹막대 폴링트일	3중, 1회	M2	112.0	502	56,224	2,378	266,112		-	2,878	322,336	
조형물인본(무출리본)	상대면 2회 2급	M2	112.0	643	72,016	3,445	385,340		-	4,088	457,356	
와이어보크	φ8	m	9,800.0	1,109	10,868,200		-		-	1,109	10,868,200	
탄바울 - 실체발	φ12	EA	528.0	6,320	3,336,960		-		-	6,320	3,336,960	
가동고경운관(철망, 철도)	φ12*120mm	EA	1,322.0	766	1,012,652		-		-	766	1,012,652	
가동고경운관(철망, 너트)	φ12*120mm	EA	1,322.0	139	183,758		-		-	139	183,758	
와이어고경동 4형(스나트)	φ8*120	EA	1,056.0	370	390,720		-		-	370	390,720	
와이어고경동 4형(스텐)	φ8*120	EA	1,056.0	139	146,784		-		-	139	146,784	
간격유지용 무일핀와이어	φ19, 1+2.0t	EA	2,112.0	2,500	5,280,000		-		-	2,500	5,280,000	
갈고리	탄소강 말	EA	39,040.0	300	11,412,000		-		-	300	11,412,000	
갈고리		EA	39,052.0	300	11,415,600		-		-	300	11,415,600	
와이어크립	줄	EA	2,676.0	3,010	7,874,160		-		-	3,010	7,874,160	
와이어갈리		m	9,800.0		-	2,522	24,715,800		-	2,522	24,715,800	
합계					75,891,529		52,169,092		-		128,060,621	

그림 30. 양지붕식 광복해가림시설 설치비용 총계

#### 4. 인삼생육(3년생) 및 관리 내용

##### 가. 인삼 지상부 생육(3년생)

5월 중에 3년근 인삼에 대한 입모율을 파악하였다. 입모율은 모든 해가림시설에서 90%가 넘어 큰 차이를 보이지 않았지만 경기식 > 양지붕식 > 경북식 > 관행해가림시설 순으로 입모율이 높았다. 6월 1일에는 지상부 생육을 조사하였다. 지상부생육은 관행해가림시설 > 경북식 > 경기식 > 양지붕식 순으로 좋았지만 엽록소함량은 반대로 양지붕식 > 경기식 > 경북식 > 관행해가림시설 순으로 높은 경향이 있었다.

표 7. 해가림시설 유형별 인삼 입모율 및 생육 조사 (2017년 6월 1일, 3년생)

해가림시설	입모율(%)	경직경(mm)	경장(cm)	엽장(cm)	엽폭(cm)	SPAD
양지붕식	96.8	2.96	9.56	6.49	2.80	40.00
경기식	98.0	3.07	9.50	6.99	2.99	37.23
경북식	93.8	3.11	9.62	7.43	3.12	35.29
관행	91.1	3.17	9.83	7.58	3.23	32.21

##### 나. 인삼 광복해가림시설 관리상 문제점

지상부생육은 광의 영향을 크게 받는데 생육초기 차광망의 설치가 시기가 조금씩 차이가 있었기 때문에 보인다. 올해는 폭우가 내리는 경우가 많아 고가 높은 경북식의 병해발생이 높았는데 온도가 상대적으로 높은 관행해가림시설에서는 고가 낮아 병해가 거의 없는 상황이었다. 병에 의한 농약 방제는 7월 초부터 9월 말까지 1주일 단위로 총 10회에 걸쳐 이뤄졌으며 사파이어와 리도밀을 중심으로 사용하였다. 6월 20일에는 꽃대를 제거하였다. 경북식은 9월 말부터 양지붕식은 10월 중순부터 경기식과 관행은 10월 말경부터 잎의 낙엽이 지기 시작했으며 관행이 지상부 생육에 있어 가장 건전하였다.



그림 31. 광폭해가림시설 설치 시 폭우 문제점

다. 인삼 지하부 생육(3년생)

10월 25일 조사한 3년근 인삼의 근장은 경기식 > 관행해가림시설 > 양지붕식 > 경북식 순이었으며 그 차이는 크지 않았다. 근직경은 경기식 > 관행해가림시설 > 양지붕식 > 경북식 순으로 경기식 과 관행해가림시설은 통계적으로 차이가 없었으나 양지붕식과 경북식은 가장 높은 경기식과 통계적인 차이가 있었다. 근중에서는 그 차이가 보다 컸는데 경기식 > 관행해가림시설 > 양지붕식 > 경북식으로 근중과 거의 비슷한 양상을 띠었다. 생리장해 비율은 높은 차이가 있지 않았다. 수량은 재식면적 식재율의 차이로 관행대비 광폭해가림시설 군에서 모두 높은 경향을 보였는데 경기식의 경우 관행대비 2.5배 높은 수량성을 보여 광폭해가림시설의 가능성을 볼 수 있었다.

(2017년 10월 25일, 3년생)

해가림시설	근장(cm)	근직경(mm)	근중(g)	생리장해(%)	수량(kg/10a)
양지붕식	21.9	13.1	10.2	4	326
경기식	22.6	14.1	13.7	6	443
경북식	19.0	13.0	8.8	2	272
관행	22.3	13.9	10.4	9	179

표 8. 해가림시설 유형별 인삼 지하부 생육 조사 및 수량성 비교분석

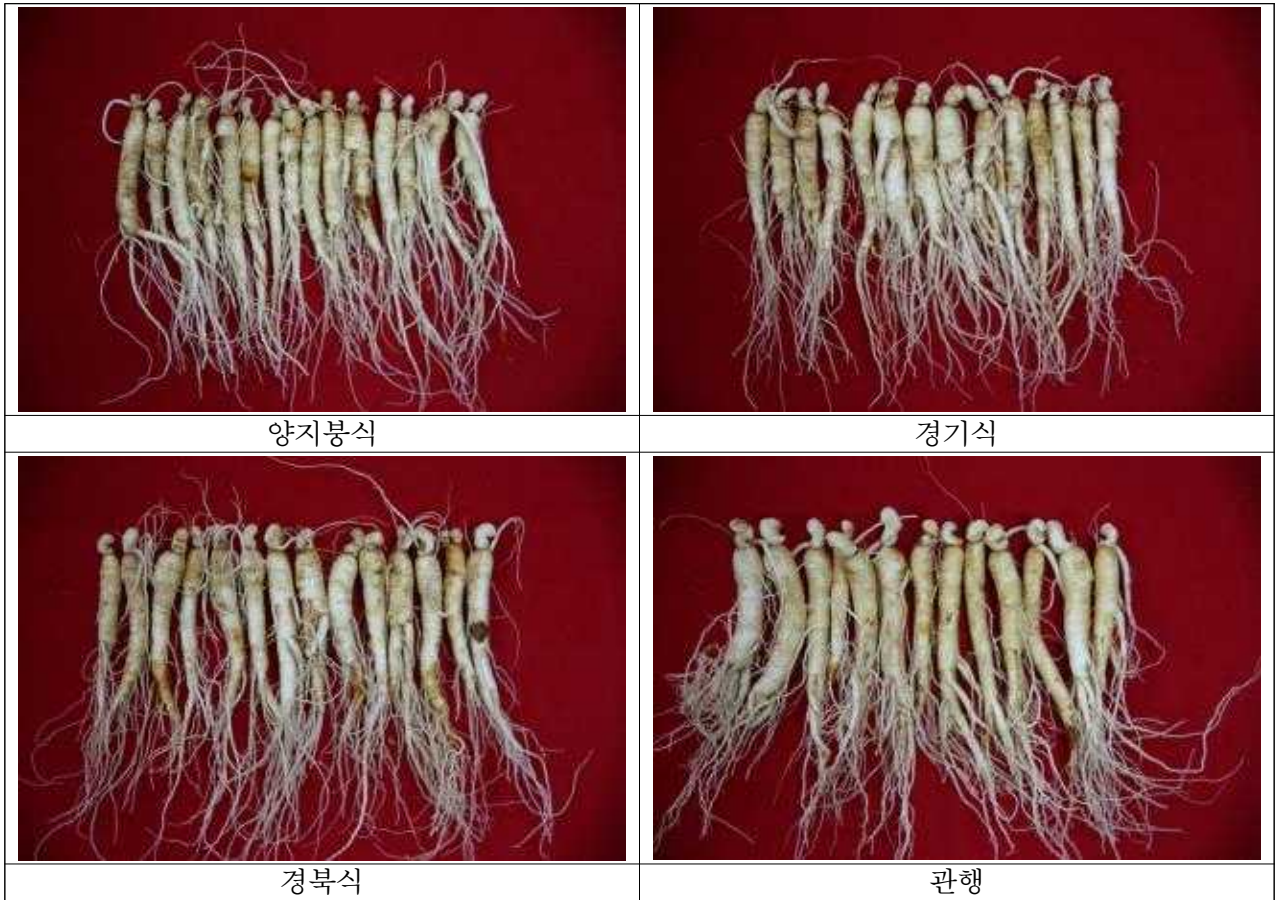


그림 32. 시설별 인삼 뿌리 생육사진

### 5. 해가림시설 환경

해가림시설별 대기온도 변화는 아래 그래프와 같다. 전반적인 온도는 관행해가림시설이 측고가 가장 높은 경북식에 비해 2~3℃가량 항상 낮은 것을 확인할 수 있었다. 데이터를 통해본 누적온도는 관행해가림시설 > 양지봉식 > 경기식 > 경북식 순으로 광복해가림시설 군이 관행보다 온도가 대략 1~2℃가량 낮은 것을 확인할 수 있었다. 관행해가림시설은 높이가 1.8m로 낮아 차광망에 밀집된 온도가 밖으로 빠져나가지 못하고 가둬져 온도가 높았으리라 판단되며 양지봉식 역시 다른 해가림시설보다 높이가 낮고 형성된 온도가 밖으로 빠져나가는데 문제가 있었으리라 판단된다. 경기식과 경북식은 높이에 의한 차이로 온도 차이가 발생한 것으로 보인다.

토양온도에서는 그 차이가 확연한데 차광망을 씌우지 않은 외부에 비해 차광망을 씌웠을 때 온도는 10℃ 이상 차이가 나며 토양온도에서도 누적온도를 살펴보면 관행해가림시설 > 지봉식 > 경기식 > 경북식순이어서 대기온도가 토양온도에도 직접적인 영향을 끼친 것으로 판단된다. 이 같은 온도환경은 생육에도 영향을 줘 비피해가 심했던 경북식을 제외하고는 경기식에서 상당히 높은 근중을 보였다.

내부로 유입되는 광량을 살펴보면 관행해가림시설에서 그 편차가 큰 것을 알 수 있다. 아무래도 경사가 좁은 형식으로 되어 있다 보니 아침에 유입되는 강한 광량이 해가림시설 내부로 유입되었다가 빠지기 때문으로 보인다. 다음으로 경북식의 광유입정도가 컸는데 고가 높다보니 광을 가린다 해도 측면 등을 통해 들어오는 광량이 불규칙해져 다른 해가림시설에 비해 광이 많이 들어왔다. 지봉식과 경기식은 해를 가려주는 방식에서 차이가 났는데 광의 일정함을 보면 양지봉식 해가림시설의 효율이 보다 좋은 것으로 판단된다. 누적 광량은 관행해가림시설 > 경북식 > 경기식 > 양지봉식 순으로 광량이 많이 유입되었다.



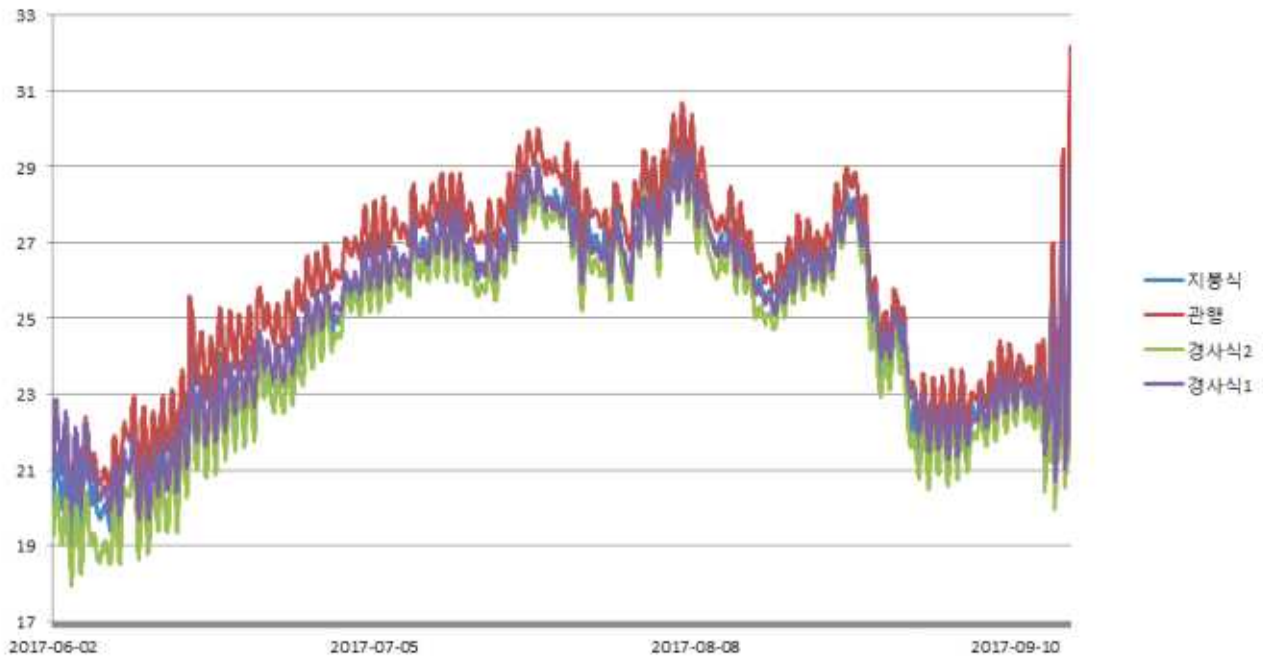


그림 33. 시설별 인삼 앞 부근 대기온도, °C

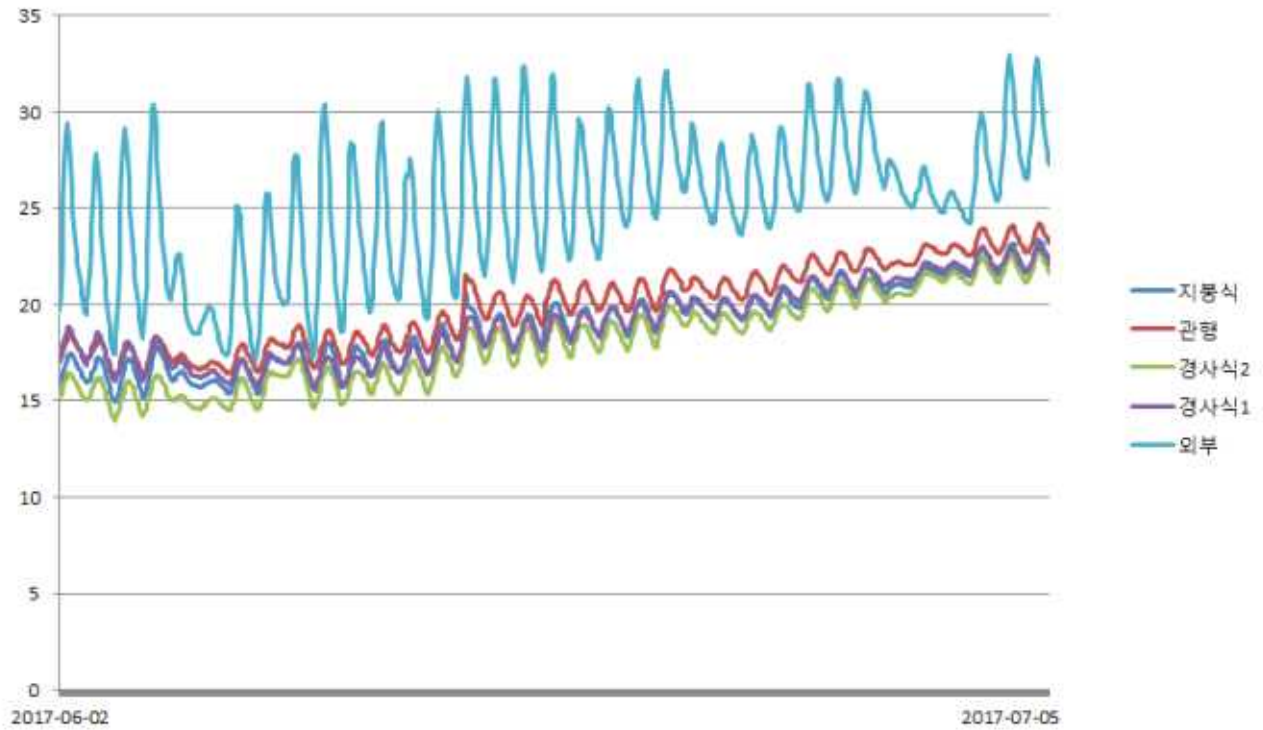
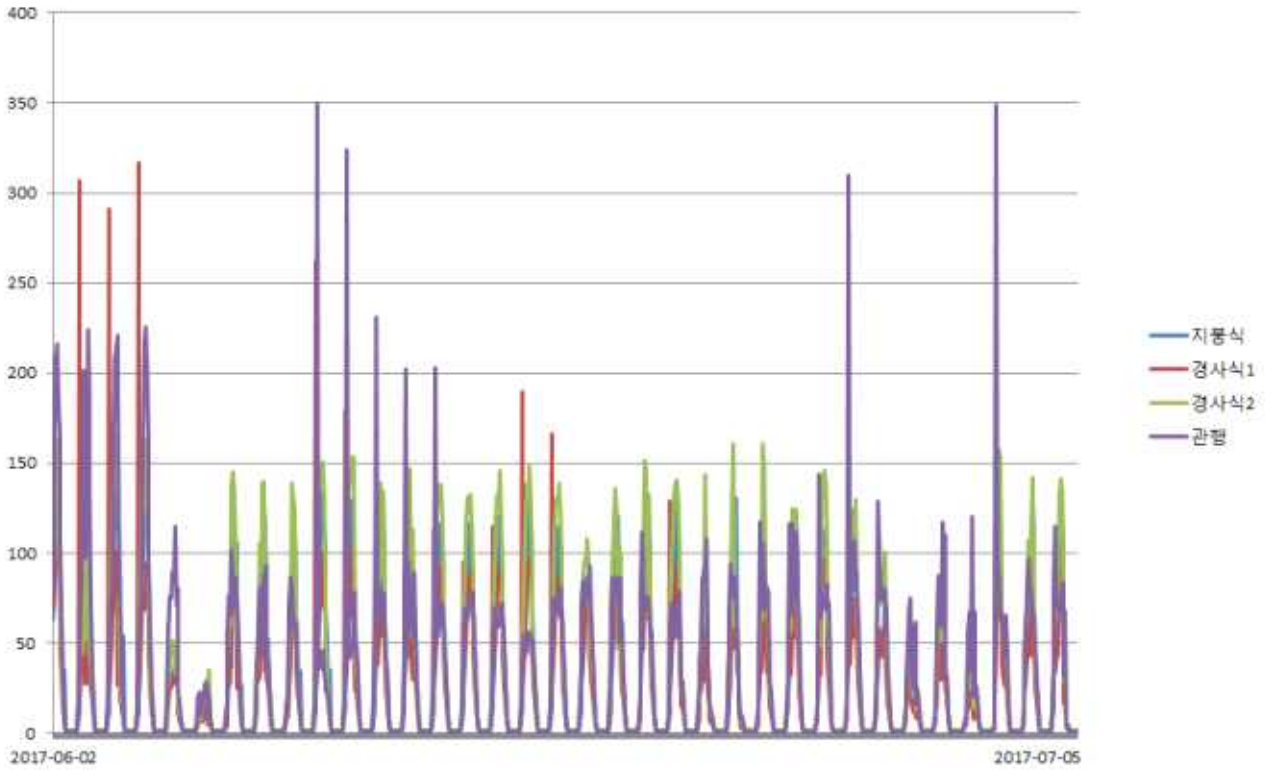


그림 34. 시설별 지중 20cm부근 토양온도, °C

\*경사식1 : 경기식, 경사식2 : 경북식

그림 35.



시설별 광 유입정도,  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$

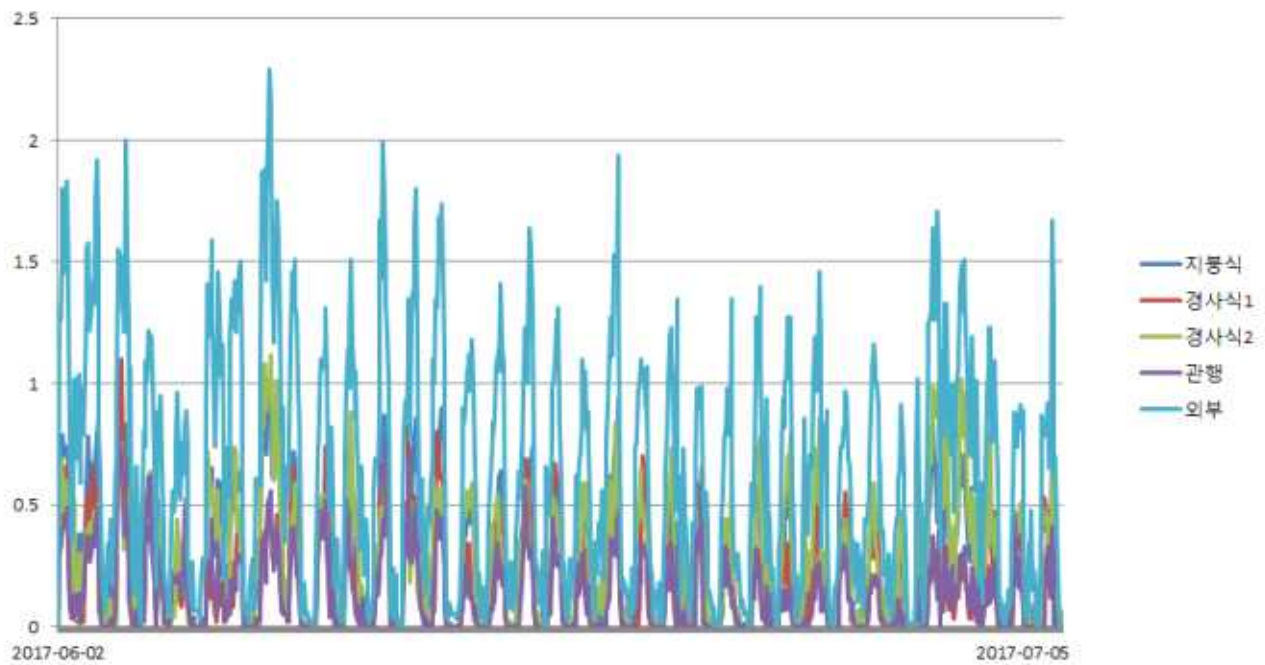


그림 36. 시설별 내부 풍속, m/s

\*경사식1 : 경기식, 경사식2 : 경북식

2017년은 음성 쪽에 지나간 태풍이 없어 전반적으로 풍속이 3m/s 미만으로 불었다. 외부에서 측정된 풍속대비 내부에서 측정된 풍속은 경북식 > 경기식 > 관형해가림시설 > 양지붕식 순으로 높았다. 경북식의 경우 경기식과 양식이 비슷한 반면 높이가 높아 바람의 영향에 쉽게 노출된 것으로

보인다. 관행해가림시설보다 지붕식해가림시설에서의 풍속이 낮았는데 양지붕식의 경우 양쪽에 바람이 불어올 여지가 적었기 때문으로 판단된다.

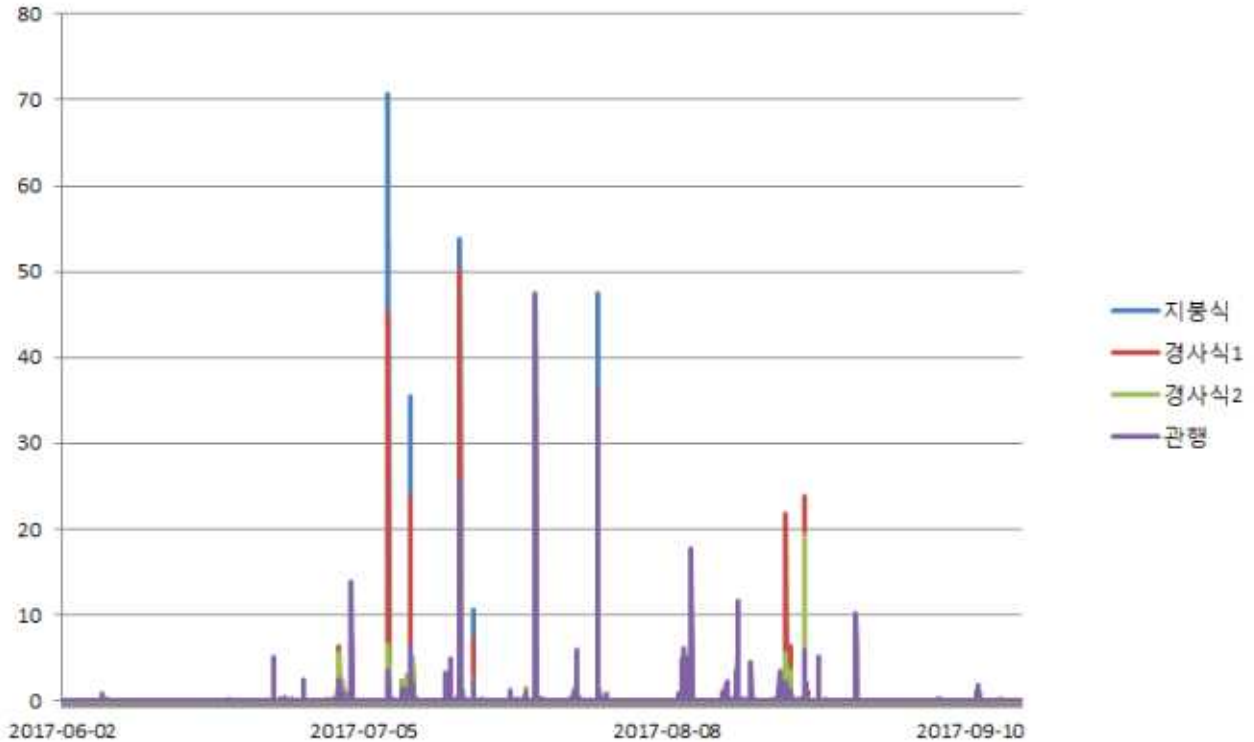


그림 37. 시설별 유입 강우량, mm  
\*경사식1 : 경기식, 경사식2 : 경북식

2017년은 비가 많이 내려 강우에 따른 해가림시설의 피해양상을 살펴볼 수 있었는데 경북식은 강우량이 적게 들어옴에도 불구하고 해가림시설의 높이가 높아 피해양상이 더 컸던 것으로 보인다. 누적강우량은 양지붕식 > 경기식 > 경북식 > 관행해가림시설이었으며 광폭해가림시설의 차광망 면적이 관행해가림시설보다 상대적으로 매우 넓기에 물린 물량이 아래로 떨어졌던 것으로 파악된다.

### 6. 해가림시설 관리

2017년 12월 12일, 광폭해가림시설별로 눈이 내릴 것을 감안하여 위에 덧씌워진 차광망을 고정편을 풀러 위로 올려 댔다. 양지붕식과 경기식의 경우 높이가 낮아 작업시간이 빨랐던 반면 경북식의 경우 작업위치가 높다보니 시간이 많이 걸리는 문제점이 있었다. 올려진 차광망 등은 부속자재 등으로 끈을 동여매 고정시켰으며 차광받침 와이어가 밑으로 처지는 문제점이 발생하여 관련된 와이어 끈을 조여놓았다. 와이어 등은 시간이 지날수록 아래로 처지는 문제점이 있었다.



그림 38. 해가림시설 부속자재 관리



이후 2018년 4월 초순, 광폭해가림의 차광망을 아래로 내리는 작업을 수행하였다. 겨울철 눈의 양은 하루 중 최대 16cm가 쌓였으며 16cm의 눈이 쌓였다면 광폭해가림의 경우 눈의 적설하중을 이기지 못하고 옆에 있는 뼈대가 무너져 내렸을 것이다. 차광망을 내리는 과정은 2명이 1조로 해가림시설에 대한 개폐작업 시 작업시간을 비교하였다. 우선 경북식의 경우 약 4시간의 시간이 소요되었는데 높이가 높다보니 차광망을 내리는데 시간이 걸렸으며 지지할 수 있는 뼈대가 없어 작업에 위험성이 있어보였다. 다음으로 시간이 많이 걸린 해가림시설은 양지붕식으로 약 3.6시간의 시간이 소요되었다. 양지붕식의 경우 뼈대 가운데를 지나가는 와이어가 연결되어 있지 않아 올라가서 작업을 하는데 있어 어려움이 있었다. 다음으로 경기식의 경우 관행보다 보다 빠른 시간 안에 차광망을 열고 닫을 수가 있었는데 약 1.7시간밖에 작업시간이 소요되지 않았다. 뼈대를 지나가는 와이어가 있어 작업인부들이 올라갈 수 있었던 게 가장 큰 장점이었다.

해가림시설	양지붕식	경기식	경북식	관행
시간/2인	3.6	1.7	4	3

표 9. 해가림시설 유형별 차광망 개폐작업 시 작업시간 비교



그림 39. 해가림 차광망 관리작업 사진

해가림시설의 측면은 바람에 많이 약한 내용을 보였는데 보다 팽팽하게 설치할 하고 중간에 와이어를 덧댄다면 보다 튼튼하게 설치할 수 있을 것이라는 판단이다. 인삼 잎이 올라오는 4월 초순 썩어 어느 정도 올라온 상태에서 차광망을 내렸는데 3월 이상고온에 썩어 평년보다 1주일정도 일찍 올라온 상태에서 4월 초 저온의 영향을 일부 받았다. 하지만 잎에 저온으로 썩어 꺾이거나 하는 정도의 피해는 보지 않았으며 생육이 좋아 올라오는 경향이였다. 4월 중하순 이른 봄의 강풍과 폭우의 영향이 있었지만 인삼이 생육하는데 있어 큰 영향은 없었던 것으로 보인다.

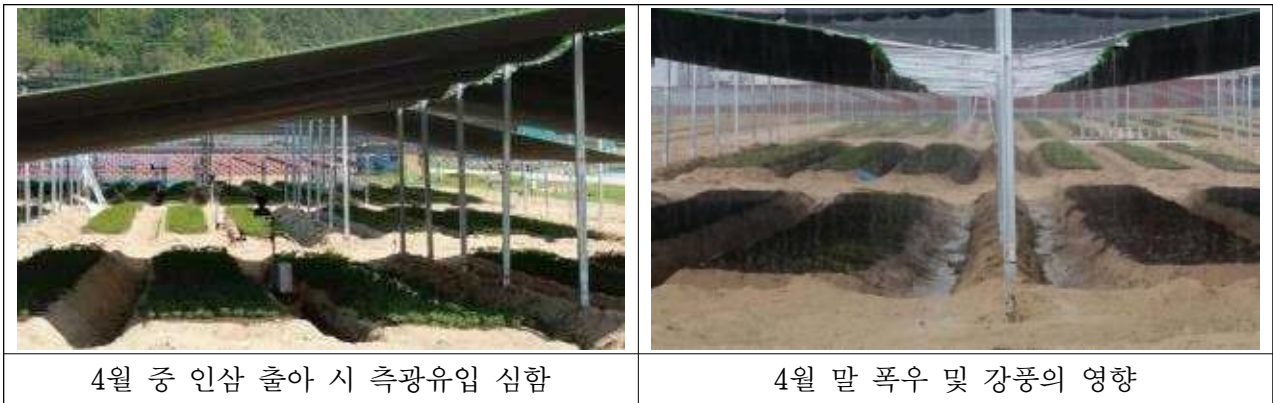


그림 40. 광폭해가림 관리상 문제점

광폭해가림별 미기상 내용을 정리해보면 다음과 같다.

- 대기와 토양 누적온도는 관행해가림 > 양지붕식 > 경기식 > 경북식 순
  - 높이가 가장 높은 경북식이 관행해가림시설보다 2~3℃가량 항상 낮음
- 누적광량은 관행해가림 > 경북식 > 경기식 > 양지붕식
- 누적강우량은 양지붕식 > 경기식 > 경북식 > 관행해가림
- 태풍보다 강우에 의한 피해가 컸으며 경북식 > 양지붕식 > 경기식 > 관행해가림 순으로 피해가 컸음

해가림시설별 대기온도 변화는 아래 그래프와 같다. 3년차가 진행되며 7월 중하순 폭염에 대한 데이터를 얻기가 어려웠지만 전반적인 온도는 관행해가림시설이 측고가 가장 높은 경북식에 비해 1~2℃가량 항상 낮은 것을 확인할 수 있었다. 데이터를 통해본 누적온도는 관행해가림시설 > 양지붕식 > 경기식 > 경북식 순으로 광폭해가림시설 군이 관행보다 온도가 대략 1~2℃가량 낮은 것을 확인할 수 있었다. 관행해가림시설은 높이가 1.8m로 낮아 차광망에 밀집된 온도가 밖으로 빠져나가지 못하고 가둬져 온도가 높았으리라 판단되며 양지붕식 역시 다른 해가림시설보다 높이가 낮고 형성된 온도가 밖으로 빠져나가는데 문제가 있었으리라 판단된다. 경기식과 경북식은 높이에 의한 차이로 온도 차이가 발생한 것으로 보인다. 광폭해가림의 경우 내부로 들어가면 온도가 시원한 느낌을 받을 수 있었지만 생각했던 것보다 인삼 잎 위치에서 측정된 온도에 있어 큰 차이가 발생하지 않았다. 토양온도에서도 그 차이가 비슷하였다. 차광망을 씌우지 않은 외부에 비해 차광망을 씌웠을 때 온도는 10℃이상 차이가 낮으며 토양온도에서도 누적온도를 살펴보면 관행해가림시설 > 양지붕식 > 경기식 > 경북식 순이어서 대기온도가 어느 정도 토양온도에도 직접적인 영향을 끼친 것으로 판단된다. 이 같은 온도환경은 생육에도 영향을 줘 비피해가 심했던 경북식을 제외하고는 경기식에서 상당히 높은 근중을 보였던 것으로 판단된다. 내부로 유입되는 광량을 살펴보면 관행해가림시설에서 그 편차가 큰 것을 알 수 있다. 아무래도 경사가 좁은 형식으로 되어 있다 보니 아침에 유입되



는 강한 광량이 해가림시설 내부로 유입되었다가 빠지기 때문으로 보인다. 다음으로 경북식의 광유입정도가 컸는데 고가 높다보니 광을 가린다 해도 측면 등을 통해 들어오는 광량이 불규칙해져 다른 해가림시설에 비해 광이 많이 들어왔다. 양지붕식과 경기식은 해를 가려주는 방식에서 차이가 났는데 광의 일정함을 보면 양지붕식 해가림시설의 효율이 보다 좋은 것으로 판단된다. 누적 광량은 관행해가림시설 > 경북식 > 경기식 > 양지붕식 순으로 광량이 많이 유입되었다.



양지붕식



경기식



경북식



관행

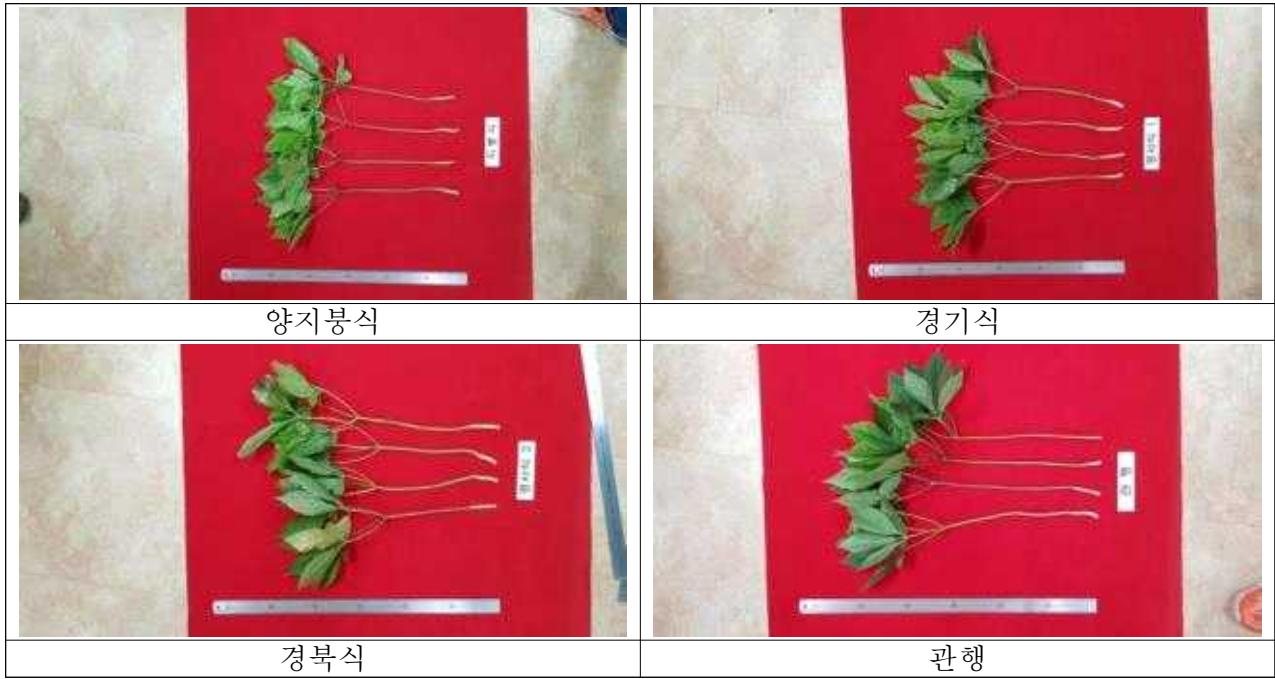


그림 41. 광폭해가림별 지상부 생육사진(2018년)

(2018년, 9월 4일)

해가림시설	초장(cm)	근장(cm)	경장(cm)	경직경(mm)	근직경(mm)	근중(g)
양지붕식	48.1	24.0	25.4	5.3	17.6	22.9
경기식	52.6	24.9	27.9	6.0	20.1	29.2
경북식	50.6	23.9	26.8	5.8	16.7	19.4
관행	53.9	28.0	30.7	5.1	15.5	20.7

해가림시설	줄기+잎 무게(g)	엽면적(cm <sup>2</sup> )	SPAD	적변유무
양지붕식	12.9	472.4	27.2	3
경기식	15.6	535.0	28.9	2
경북식	14.9	558.1	26.7	약간석음2
관행	15.0	623.5	34.4	4

표 10. 해가림시설 유형별 인삼 생육조사

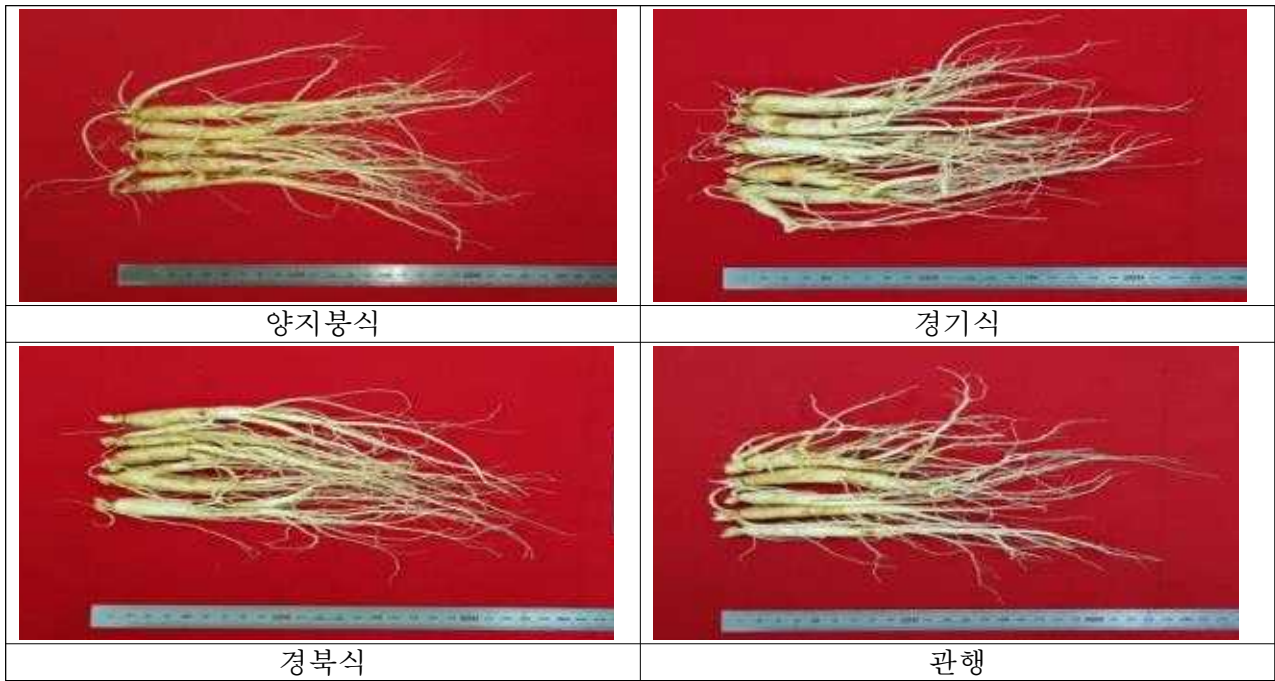


그림 41. 광폭해가림별 지하부 생육사진

#### 7. 최종 인삼 생육 및 기상 환경 등

해가림시설별 환경데이터는 2017~2018년도에 비교한 데이터와 약간의 차이가 있을 뿐 경향치가 비슷한 경향이였다. 지상부 생육과 관련해서는 관행과 경기식에서 보다 긍정적인 효과가 있었으며 이는 근중의 생육에도 영향을 미쳤다. 2017~2019년까지 생육데이터는 지속적으로 경기식 해가림에서 자란 인삼에서 컷고 광폭해가림 재배 시 재식면적이 1.3배 증가로 관행해가림보다 수량측면에서 약 20~40%가량 증대되는 효과가 있었다. 즉, 두둑 고랑은 1.5m, 이랑은 0.8m로 두둑면적에서 약 30%가 증가되며, 경기식에서는 근중도 10% 증가돼 수량(kg/10a)에서 29% 증가되는 효과가 있었다.

(2019년, 환경데이터)

조사시기	광폭해가림 종류	온도 (°C)			상대습도 (%)	토양온도 (°C)	광량 (PPF)	강수량 (mm)	누수량 (mm)
		평균	최고	최저					
5월	양지붕식	21.1	31.0	9.8	54.7	20.3	126.1	15.4	4.7
	경기식	21.0	30.8	10.2	57.5	20.4	100.7		5.6
	경북식	20.9	30.4	10.1	52.8	20.1	105.1		10.8
	관행	21.3	31.5	10.0	53.3	20.3	182.8		13.2
6월	양지붕식	24.5	32.2	15.8	62.8	24.2	89.3	59.6	15.7
	경기식	24.3	31.6	16.2	65.4	23.2	73.1		19.8
	경북식	24.1	31.4	16.3	67.2	23.0	153.8		37.6
	관행	24.7	32.7	16.1	68.3	23.2	168.9		38.2
7월	양지붕식	27.7	34.7	19.2	76.2	23.8	119.5	161.4	54.2
	경기식	27.5	34.1	19.6	73.6	23.6	78.3		67.8
	경북식	27.4	34.2	20.6	76.5	23.5	157.5		87.2
	관행	28.0	34.9	20.9	75.4	24.2	225.4		102.0
8월	양지붕식	31.8	38.5	22.3	74.2	26.1	132.2	104.2	38.4
	경기식	30.5	37.6	21.9	76.9	26.4	102.1		42.7
	경북식	31.3	38.4	22.1	79.2	26.8	92.1		62.3
	관행	32.6	38.4	22.3	75.3	26.4	192.5		72.8
9월	양지붕식	28.9	33.5	18.3	68.1	23.1	61.4	85.2	20.5
	경기식	28.4	34.2	18.3	68.3	23.4	78.2		27.6
	경북식	29.1	33.7	17.9	69.2	23.3	82.2		42.6
	관행	29.5	33.9	19.1	61.5	23.1	100.5		48.3

○ 광폭해가림 시설 내 지상부 생육

처리내용	경장 (cm)	경직경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽면적(cm <sup>2</sup> )	SPAD
양지붕식	34.1 c	9.2 b	23.3 b	8.6 b	661 b	27.2 b
경기식	44.6 a	11.1 a	26.2 a	9.3 a	779 a	28.9 b
경북식	38.7 b	8.9 b	24.2 b	8.3 b	781 a	26.7 b
관행	40.0 b	9.3 b	26.7 a	8.9 a	802 a	34.4 a

○ 경제성 비교분석

처리내용	10,000m <sup>2</sup> (만원/3,000평)	평당 단가 (원)	차광망 개폐작업 (시간/2인)	토지이용률 (%)	5년생 근중 (g/plant)	수량 (kg/10a)
양지붕식	16,110	53,700	3.6	64.3 (150cm*80cm)	68.7	714
경기식	21,920	73,100	1.7		84.6	880
경북식	33,960	113,200	4		58.2	605
관행(철재A)	5,350	17,800	3	50 (90cm*90cm)	77.1	617

\* 광폭해가림 재배 시 재식면적 1.3배 증가

표 11. 해가림시설 유형별 환경, 생육, 경제성 비교분석 데이터





〈양지붕식〉      〈경기식〉      〈경북식〉      〈관행〉

그림 42. 광폭해가림별 지하부 생육사진(5년근)

#### □ 연구개발 성과

- (논문) 장인배, 유진, 서수정, 장인복, 권기범. 2018. Growth and ginsenoside content in different parts of ginseng sprouts depending on harvest time. 한국약용작물학회지. 26(3) : 205-213.
- (특허출원\_10-2017-0147284) 인삼 재배를 위한 해가림 장치, 장인배, 권기범, 유진, 장인복
- (특허등록\_9-5-2019-052141762) 인삼 재배를 위한 해가림 장치, 장인배, 권기범, 유진, 장인복

#### □ 연구성과

##### 기술적 성과

- 트랙터의 작업효율성과 빗물의 입사각도 측정을 통해 생력화를 고려한 해가림의 폭·높이를 폭 7m, 높이 3.5m, 칸 당 3두둑으로 설정하였다. 인삼주산단지의 30년간 순간풍속을 고려하여 설계확정 후 순간풍속 26.5m/s, 최대풍하중 40kgf/m<sup>2</sup>로 시설을 설계하였다. 이를 토대로 양지붕식해가림시설과 관련된 내재해시방서를 작성하였고 지역 3곳에 각기 해가림시설 3종을 설치, 데이터를 상호 비교분석하였다.
- 설치비의 경우 경북식>경기식>양지붕식, 생력화는 양지붕식>경기식>경북식, 병해는 경북식>양지붕식>경기식, 생육은 경기식>양지붕식>경북식이였다. 높이가 가장 높았던 경북식이 2~3℃가량, 두 번째로 높았던 경기식이 1~2℃가량 관행해가림시설보다 온도가 낮은 경향이였다.
- 인삼 광폭해가림 시설별 누적광량은 관행해가림 > 경북식 > 경기식 > 양지붕식, 누적 강우량은 양지붕식 > 경기식 > 경북식 > 관행해가림로 태풍보다는 강우에 의한 피해가 보다 컸는데 경북식 > 양지붕식 > 경기식 > 관행해가림 순으로 피해가 컸다.
- 해가림시설별 환경데이터는 2017~2019년도에 경향치가 유사하였으며 종합적인 생육은 지상부의 경우 관행과 경기식에서 보다 긍정적인 효과가 있었으며 이는 근중의 생육에도 영향을 미쳤다.
- 2017~2019년까지 생육데이터는 지속적으로 경기식 해가림에서 자란 인삼에서 컹고 광폭해가림 재배 시 재식면적 1.3배 증가로 관행해가림보다 수량측면에서 약 40%가량 증대되는 효과가 있었다.

### 경제적 성과

- 단위 면적당 설치 단가는 관행 철재해가림시설 대비 3~4배 가량 증가되나 5년생 근중대비 약 20% 증대 및 재식면적이 1.3배 증대되는 효과가 있음.
- 온도 하락(2℃ ↓)에 따른 생육 증대와 재식면적의 확보는 수량성을 30~40% 가량 증산시키는 효과가 있었으며 트랙터를 활용하여 손쉬운 수확 및 파종효과가 있었음.

## <제 3협동 : 경북지역 인삼 광폭해가림의 적응성 평가 및 최적 모델 개발>

### 2-1. 연구수행 내용

#### 가. 광폭해가림 시설 설치 및 구조진단

##### (1) 광폭해가림 시설의 설치

광폭해가림 시설은 스크류 형태로 된 밑기둥(그림 1.)을 토양에 먼저 심고 나서 75 × 75 mm(3.2t) 4.5m 길이의 각파이프를 밑기둥에 볼트로 체결하여 세웠다. 모형 A(그림 2.)는 기둥 간격이 7.5m로 인삼재배를 위한 두둑이 4열이 들어가고 모형 B(그림 3.)는 3열이 들어가는 구조로 구성하였다. A형은 전주가 4.5m, 후주 2.5m, B형은 전주 4.0m, 후주 2.5m의 높이로 차광망을 경사식으로 설치하였다. 미국과 캐나다 수평식해가림 구조는 비가 많이 오지 않은 기후이기 때문에 수평식이 충분히 가능하지만 비가 많이 오는 한국의 여름철 기후를 고려할 때 관행노지 해가림재배와 같은 경사식 구조가 되어야 충분히 빗물을 배수 시킬 수 있었다. 광폭해가림 내부의 인삼두둑의 폭은 100 cm로 관행노지 90 cm 보다 10 cm 넓혀 경작면적을 증대시켰고 이랑폭도 기존 35 cm에서 70cm으로 넓혀 기계화 등의 작업성을 향상시켰다.

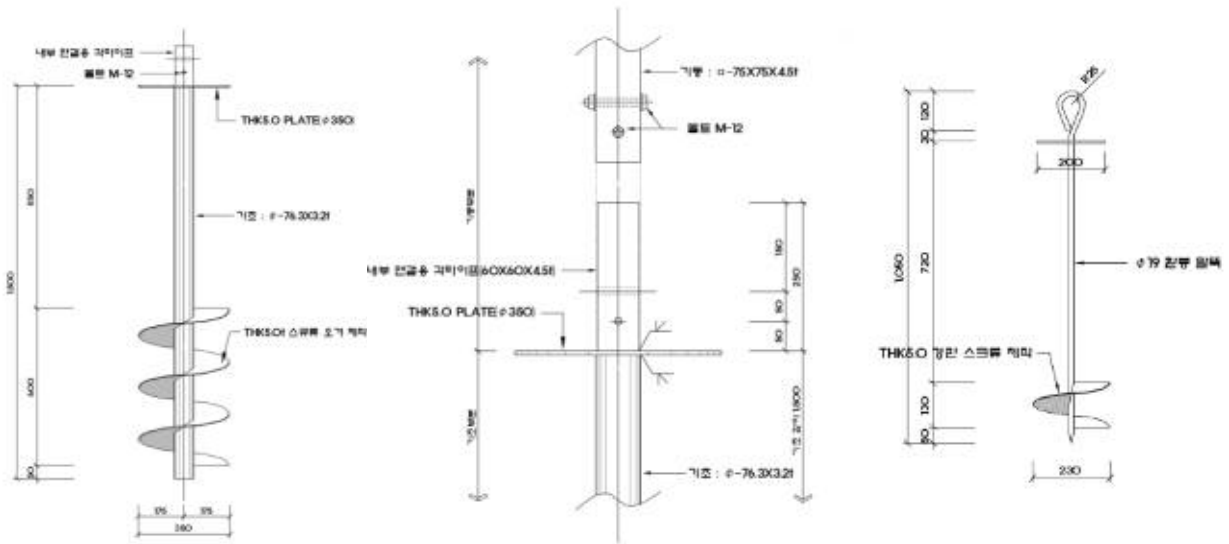


그림 1. 스크류 밑기둥 및 환풍 말뚝

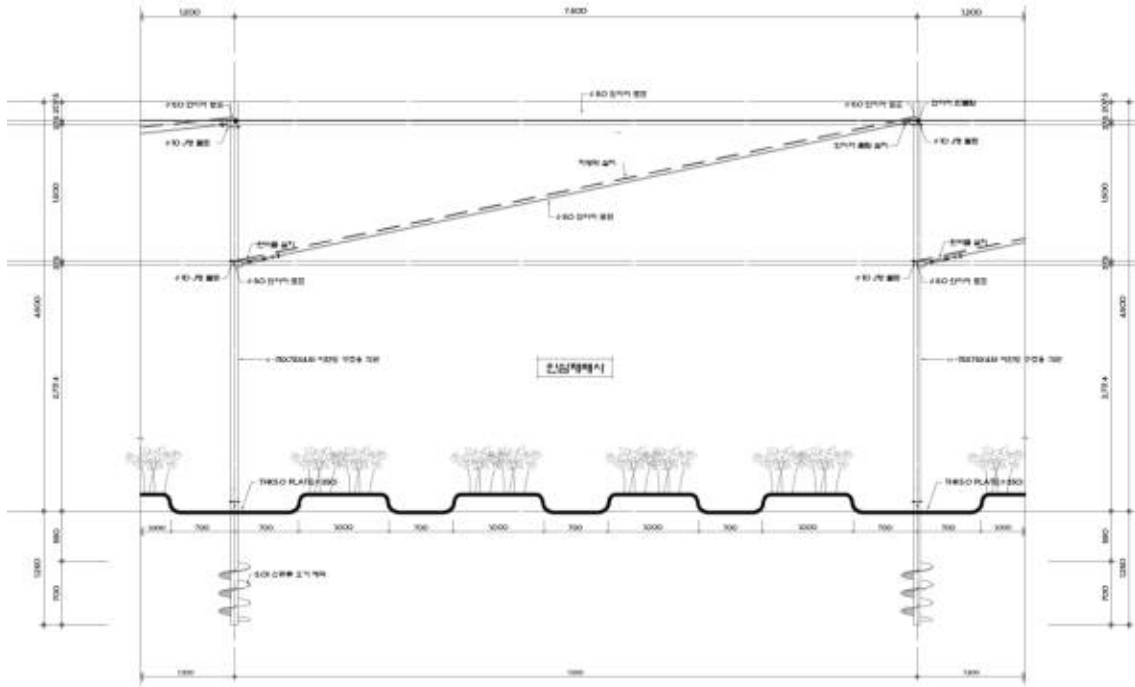


그림 2. 모형 A(기둥간격 7.5 m, 인삼 두둑 4열)

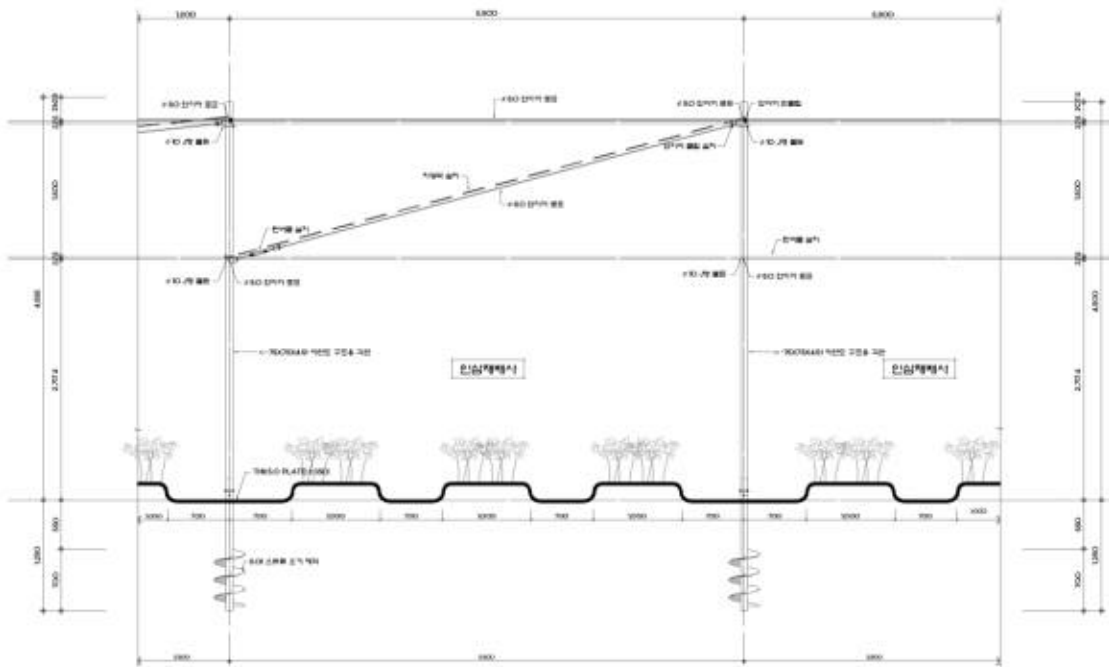


그림 3. 모형 B(기둥간격 5.8 m, 인삼 두둑 3열)

## (2) 광폭해가림 시설의 구조진단

광폭해가림 시설의 구조진단은 설계도를 바탕으로 건축구조기준(KBC 2016, 대한건축학회) 건축물의 하중기준 및 해설(2000, 대한건축학회), 강구조 한계상태설계기준(KSSC-LSD, 한국강구조

학회), 건축물 구조기준 등에 관한 규칙(건축법규) 등의 적용기준을 적용하였다. 해석용 프로그램으로 골조해석은 MIDAS GEN Ver.8.2.5를 사용하였고 단일부재해석은 MIDAS SET Ver.3.3.4를 이용하여 진단하였다. 구조진단은 주로 풍하중에 대한 내용으로 겨울철에는 차광망을 감아 올려놓기 때문에 적설하중에 대한 평가는 하지 않았다.

표 1. 풍하중 적용 기준

구분	적용기준	비고
지역	경북 영주시	
설계기본풍속	$V = 25 \text{ m/sec}$	기본풍속의 70% 적용
노풍도	C	
중요도 계수	$I_w = 0.9$ (중요도 3)	
가스트 계수	$G_f = 1.9$	
설계풍하중	$W_f = pf \times A$	

※ 노풍도: 주변지역의 지표면상태(A : 대도시, 고층건축물 밀집 지역, C : 1.5~10m 장애물이 산재해 있는 지역), 중요도계수 : 농업시설물, 소규모 창고 등급, 해가림 차광자재 젖은 상태 예상 중량 :  $10\text{kg/m}^2$  적용.

#### 나. 차광재 선발 및 미기상 조사

1차 차광재 선발 시험은 농가에서 사용하고 있는 흑색차광망(85%, 한국), 청색차광지(70%, 한국), 알루미늄스크린(75%, Netherlands) 등을 설치하여 조사하였고 2차 차광재선발시험에서는 Monofilament and Tape P.E(UV Stabilised 0.3% ~ 0.6% with 6year-10year, (주)신영공업사, 한국) 소재의 차광재 흑색(90%), 황색(80%,  $200\text{g/m}^2$ ), 그린(30%), 블루(50%), 황색(95%,  $240\text{g/m}^2$ ), 회색(70%) 등의 재료를 사용하였다. 3차 선발시험에서는 2차에서 선발한 흑색(200g, 90%, (주)신영공업사, 한국), 황색, 알루미늄스크린 및 캐나다 흑색차광망(75%, Gintec, Canada) 등을 사용하여 시험하였다. 차광재의 폭과 길이는 모형 A가 7.2 m, 28 m 였고, 모형 B는 5.5 m, 14 m 였다. 차광재의 설치는 최초 S자 고리를 이용하여 와이어와 연결하였고 이후에는 개선하여 견인선을 이용하여 지그재그로 설치하여 견고성을 높였고 바람에 대한 하중을 분산하도록 하였다.

미기상 조사는 광복해가림 시설 내부에 모형별 및 각 차광재료로 데이터로거 ( Watchdog 1650, Spectrum Technologies Inc., Plainfield, IL, USA)에 광량센서 (Quantum light sensor, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA), 토양의 온도와 수분을 측정할 수 있는 토양센서 (SMEC 300, Spectrum Technologies Inc., Plainfield, IL, USA)와 강우센서(Tipping bucket rain collector, Spectrum Technologies Inc., Plainfield, IL, USA)를 설치하여 수집하였다. 데이터로거 본체는 UV와 물로 부터 보호를 받을 수 있는 쉴드 (Radiation Shield, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA) 내에 장착하여 측정하였다.

사용된 데이터로거는 온습도 측정 내장형으로 광량센서와 함께 인삼의 지상부의 높이 정도인 30 cm 높이로 설치하였고 토양 온도와 수분을 측정할 수 있는 토양센서는 두둑에서 인삼 생육 깊이인 20 cm 깊이에 매설하여 데이터를 수집하였다.



## 다. 인삼생육 및 환경조사

### (1) 년생별 인삼의 생육특성 구명

광폭해가림 시설의 설치 후 2년생 묘삼을 심어 3, 4, 5년생 인삼의 생육특성을 조사하였다. 조사는 중간생육으로 전엽이 완료되고 지상부 생육이 정점인 6월 중순에 경장, 경직경, 엽장, 엽폭, 엽록소(SPAD) 함량 등을 측정하였고 지하부의 생육조사는 생육 후기인 10월 초순에 수확하여 근장, 동장, 근직경, 근중을 측정하였다. 기타 조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2012)의 인삼 생육특성 조사 방법에 준하여 실시하였다.

### (2) 광합성량 조사

광폭해가림 내 광합성 측정은 휴대용 광합성측정기(LCpro-SD, ADC BioScientific Limited, Hertfordshire, England)를 이용하여 오전 10 시에서 11 시 사이에 광량  $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  온도  $25^\circ\text{C}$ 의 조건에서 3 주씩 측정하였다. 엽록소 함량은 SPAD-502 plus chlorophyll meter (Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 연생별 3 개체의 인삼 앞에서 중앙엽을 3 회 반복 측정한 평균값을 사용하였다.

### (3) 토양화학성

광폭해가림 내 토양의 분석은 시험전·후의 토양을 채취하여 음지에서 풍건 후 2 mm채로 쳐서 시료를 조제하였다. 화학성분석은 토양식물체분석법(2000, 농진청)에 의거하여 pH, EC는 1:5 법,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$ 은 2Mol KCl로 침출하여 Continuous Flow Analyzer(San<sup>++</sup>, Skalar, Netherlands)로 비색 분석하였고  $\text{Av.P}_2\text{O}_5$ 는 Lancaster 침출액으로 침출하여 Continuous Flow Analyzer(San<sup>++</sup>, Skalar, Netherlands)로 비색 분석하였다. 양이온(K, Ca, Mg, Na)은 1N  $\text{NH}_4\text{OAc}$  용액으로 침출하여 Atomic absorption spectrophotometer (PinAAde900, Perkin elmer, USA)로 분석을 실시하였다.

## 라. 생력화 정도 구명

### (1) 두둑 조성 작업방법별 생력화 정도 구명

광폭 해가림시설을 이용하여 인삼재배 시 두둑 조성 작업 생력화를 위해 두둑조성기를 이용하여 두둑 조성시의 생력화 정도를 관행과 비교하였다. 관행작업은 관리기를 사용하여 이랑을 만든 다음 수작업으로 두둑을 다듬는 작업을 진행하였다. 각 작업 후 작업시간 효율과 두둑형성정도를 비교하여 생력화 지수를 산출하였다.

### (2) 피복처리방법에 따른 발아율

인삼 종자 파종 후 피복재료에 따른 발아율 차이를 알아보기 위해 시험을 실시하였다. 종자는 9월과 11월에 파종하였는데 9월의 경우 휴면타파가 되지 않은 종자를 사용하였고 11월 파종시

는 인공적으로 휴면타파가 이루어진 종자를 사용하였다. 피복재료는 벧짚, 벧짚+흑비닐, 왕겨+흑비닐, 무피복으로 처리하였으며 각 피복재료별 복토를 2, 4, 6cm 높이로 하여 발아율을 조사하였다.

### (3) 광폭 해가림 시설 내 적정 재식밀도 구명

적정 재식밀도 구명을 위해 직파재배와 묘삽이식재배의 두 가지 방법으로 시험을 수행하였다. 직파재배의 경우 파종밀도를 18×10cm(10×9주/칸), 18×8cm(10×10주/칸), 15×10cm(12×9주/칸), 15×8cm(12×10주/칸)으로 하여 파종하였으며 묘삽이식의 경우 노지에서 1년간 육묘한 묘를 사용하여 재식밀도를 18×10cm(10×9주/칸), 18×8cm(10×10주/칸), 18×6cm(10×12주/칸)으로 이식하였다. 각 처리 후 이랑을 깊으로 피복하여 수분증발을 방지하였으며 일반관행재배에 준하여 관리하였다. 지상부 생육은 5월 및 9월에 2회 조사하였으며 지하부 생육은 10월에 1회 조사를 하였다.

### (4) 생력적 병해충 방제방법 확립

광폭해가림재배 시 병해충 방제 생력화를 위해 무인방제시스템, 승용방제기, 관행방제(경운기부착 분무기)를 사용하여 방제생력화 정도 및 방제효율을 비교 하였다. 무인방제시스템의 경우 광폭해가림시설의 골조에 고압분사식 미스트 노즐을 1.5×3M간격으로 설치하여 엔진동력기를 이용 약제를 분무하였다. 약제 살포 작업 완료 후 약제 잔재물에 의한 노즐 막힘 현상을 막기 위해 공기압축기를 이용 공기를 고압으로 불어넣어 잔재물을 제거하였다. 승용방제기의 경우 아세아텍 CFM-1200모델을 구입하여 사용하였다. 약제를 탱크에 채운 후 사용매뉴얼에 따라 조작을 하여 방제를 실시하였다. 관행방제는 경운기에 분무기를 부착하여 인력으로 약제를 살포하였으며 살포중 이동시 호스에 의한 식물체의 물리적 손상을 방지하기 위해 추가로 1인이 방제이동 경로에 따라 호스를 관리하였다. 각 처리 간 살포 완료까지 방제소요시간과 살포 전·후의 병해충 발생 정도를 조사하였다.

### (5) 광폭 해가림 시설 내 잡초관리 생력화

광폭해가림 시설과 관행시설 간 잡초 종류의 차이 여부를 알아보기 위해 제초작업 없이 포장을 관리하여 6월 중순에 3.3㎡ 면적 내 발생한 잡초의 개체수와 초종을 조사하였다. 초종 조사 후 관행과 광폭해가림 간 손제초시 소요시간 조사를 위해 생력화 정도를 알아보기 위해 전체를 손제초 작업 후 10a당으로 환산하여 소요시간을 산출하였다.

### (6) 무인방제시스템 적합 약제선발

무인방제시스템으로 방제 시 약제 뒷면 부착이 부족함으로 방제가가 낮아지는 단점을 보완하기 위해 앞면 부착으로 뒷면의 병해도 방제가능한 약제를 선별하고자 하였다. 인삼잎을 채취하여 70% 에틸알콜과 살균수로 표면 소독 후 잎 앞면에 약제를 면봉으로 도포하였다. 약제가 층

분히 건조된 후 처리면이 밑으로 향하게 페트리디쉬에 있을 넣은 다음 뒷면에 점무늬병의 균 총디스크를 취하여 각 잎 마다 3개씩 접종하였다. 접종 후 페트리디쉬는 밀봉하여 25℃ 항온기에 보관하였으며 7일 후 발병정도를 조사하였다.

마. 토양관리 방법에 따른 생육

(1) 예정지 관리

시험 장소는 영주시 안정면 용산리에 위치한 풍기인삼연구소 내 6년근 인삼 수확 한 논토양 포장이었다. 광복해가림 내 인삼을 연속적으로 재배하기 위한 토양관리 방법으로 수확지 토양을 그림 1.과 같은 체계도로 대조구(T1)는 벼를 재배하였고, 벼 재배 후 10월초에 수확하고 물을 대어 무논상태를 만들 후 물로터리를 5일 간격으로 3회 실시 한 후 건조 시키고 동계작물로 호밀을 재배하는 처리구(T2)와 벼 재배 중 기온이 가장 높은 8월 초에 생체로 로터리 작업을 하여 토양과 혼화 후 물을 대어 무논로터리 작업을 5일 간격으로 5회 작업하고 토양혼증제(땃사미드, dazomet 98%, 40kg/10a)로 소독하는 처리구(T3)로 토양관리를 실시하였다. 각 토양관리 방법별로 관리를 실시한 다음 수단그라스로 예정지관리를 1년 하고 이듬해 묘삼을 이식하여 재배를 실시하였다. 매년 구역을 나눠 같은 방법으로 토양관리를 실시하였고 시험 수행기간동안 토양관리 1 ~ 4년차 까지 실시되었고 관리된 토양에 인삼을 재배하였으며 연근수는 4년근(토양관리1년차), 3년근(토양관리2년차), 2년근(토양관리3년차)이었다. 토양관리 4년차 구역은 수단그라스로 예정지 관리를 실시하였다.



그림 4. 토양관리 체계도

(2) 토양이화학성 변화

토양분석은 시험 전·후의 시료를 채취하여 음지 조건에서 풍건을 한 후 2mm채로 쳐서 분석용 시료를 만들고 토양식물체분석법(2000, 농진청)에 의거하여 pH, EC는 1:5법, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>3</sub>-N은 2Mol KCl로 침출하여 Continuous Flow Analyzer(Skalar, San<sup>+</sup>)로 비색 분석하였고 Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 Lancaster 침출액으로 침출하여 Continuous Flow Analyzer(Skalar, San<sup>+</sup>)로 비색 분석하였다. 양이온(K, Ca, Mg, Na)은 1N NH<sub>4</sub> OAc 용액으로 침출하여 Atomic absorption spectrophotometer

(Thermo)로 분석을 실시하였다.

### (3) 인삼생육 및 광합성

연근별 인삼의 생육조사는 중간생육으로 전엽이 완료되고 지상부 생육이 정점인 6월 중순에 경장, 경직경, 엽장, 엽폭, 엽록소(SPAD) 함량 등을 측정하였고 지하부의 생육조사는 생육 후기인 10월 초순에 수확하여 근장, 동장, 근직경, 근중을 측정하였다.

연근별 광합성 측정은 휴대용 광합성측정기 (LCpro-SD, ADC BioScientific Limited, Hertfordshire, England)를 이용하여 오전 10 시에서 11 시 사이에 광량(PPFD)  $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  온도  $25^\circ\text{C}$ 의 조건에서 3 주씩 측정하였다. 엽록소 함량은 SPAD-502 plus chlorophyll meter (Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 연생별 3 개체의 인삼 앞에서 중앙엽을 3 회 반복 측정한 평균값을 사용하였다. 기타 생육조사는 농업과학기술 연구조사분석기준 (RDA, 2012)의 인삼 생육특성 조사 방법에 준하여 실시하였다.

### (4) 미생물상

사상균과 총세균의 밀도를 조사는 채취한 습토 5 g에 멸균수 45 ml을 넣고 호모게나이저를 이용하여 200 rpm 조건에서 균질화하여 전처리를 실시한 후 희석하여 Agar 배지에 도말하고 인큐베이터  $25^\circ\text{C}$  조건에서 5일 배양한 후 카운터를 하여 밀도를 조사하였다.

근부병원균인 실린드로카폰과 푸자리움의 밀도는 토양키트(Powersoil kit, QIAGEN, Germany)를 이용하여 토양 내 병원균의 DNA 핵산을 추출한 다음 PCR로 동정하였다.

### (5) 해가림 내 미기상

미기상 조사는 노지 해가림 시설 내부 및 외부에 데이터로거 (Watchdog 1650, Spectrum Technologies Inc., Plainfield, IL, USA)를 설치하고 광량센서 (Quantum light sensor, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA), 토양의 온도와 수분을 측정할 수 있는 토양센서 (SMEC 300, Spectrum Technologies Inc., Plainfield, IL, USA)와 강우센서(Tipping bucket rain collector, Spectrum Technologies Inc., Plainfield, IL, USA)를 이용하여 미기상을 수집하였다. 데이터로거 본체는 UV와 물로 부터 보호를 받을 수 있는 쉴드 (Radiation Shield, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA) 내에 장착하여 측정하였다.

데이터로거는 온습도 측정 내장형으로 광량 센서와 함께 인삼의 지상부의 높이 정도인 30 cm 높이로 설치하였고 토양 온도와 수분을 측정할 수 있는 토양 센서는 두둑에서 인삼 생육 깊이인 20cm 깊이에 매설하여 데이터를 수집하였다.

### 바. 연속재배를 위한 시방서 작성 및 경제성 분석

광복해가림시설을 기후조건을 고려 적합한 방식으로 설치하기 위한 시방서를 전문 설계업체 자문을 받아 제작하였으며 연속재배를 위한 경제성을 분석하였다. 시방서의 경우 표준자재 및

연결방법 등을 기술하여 광폭해가림 시설을 설치하고자 할 경우 참고도면으로 활용가능토록 하였다. 경제성 분석은 초기투자비용 포함 관리비와 생산성을 고려하여 손익분기점을 계산하였다.

## 2-2. 연구결과

### 가. 광폭해가림 설치

관행 구조의 해가림용 자재는 목재 혹은 철재로 비교적 낮은 높이인 2.4m 이하를 사용하지만, 광폭해가림 설치 시 내부에 농기계 출입이 가능한 규모로 설치되어야만 트랙터 등의 작업을 통해 생력화가 가능하다. 그러므로 트랙터 83~110HP모델을 기준으로 하였을 때 크기는 길이 4,671, 2,170, 높이 2,770mm인 점을 고려하여 내규모는 전주, 후주 높이 2.0~4.5m, 이랑 2, 3, 4열 재배로 하였으며 농기계 진입과 작업반경, 회전반경 등의 사항 또한 고려하였다. 새로운 광폭 해가림은 대형 농기계가 원활히 작업할 수 있도록 최대한 높이를 확보해야 하므로, 각형강관을 사용하였다. 규격은 폭 75mm×75mm, 두께는 2.1t 로 지상에서 최대 높이는 4.5m로 후주는 3.0m를 와이어로 연결하는 구조를 이용하였다. 광폭 해가림 구조는 지주 파이프의 후주가 높이 3m, 전주가 4.5m에서 직경 8mm 와이어로 연결한다. 지주 파이프를 지지하기 위하여 높이 3m와 4.5m에서 각각 가로, 세로 열십자 방향으로 직경 8mm 와이어를 지주 파이프를 연결하였다. 지주파이프와 지주 파이프 사이의 간격은 5.5 ~ 5.8m로 3열재배가 되도록 하였다. 이는 기존 시험에서 7.5m 4열 재배시, 후주 차광망 1 ~ 2m 부분이 완만한 경사각(11°)으로 인해 누수 피해가 발생하여 하단 두둑 2열은 전혀 작물을 재배 할 수 없는 결과를 활용하였다(2016, 경북). 광폭 해가림 외곽은 전체 구조물을 지지하기 위하여 환봉 말뚝 혹은 지주 파이프에 와이어를 결속하는 것으로 마무리 하도록 하였다. 또한 계절별 차광망의 올림과 내림 과정을 간편하게 하게 위하여 광폭 해가림 측면 두면에는 핸드린치를 설치하였다. 이는 인삼을 재배 하지 않은 기간과 겨울철 폭설에 대비하여 차광망을 말아 올리고, 봄에는 차광망을 내려 인삼을 재배하도록 설치하였다.



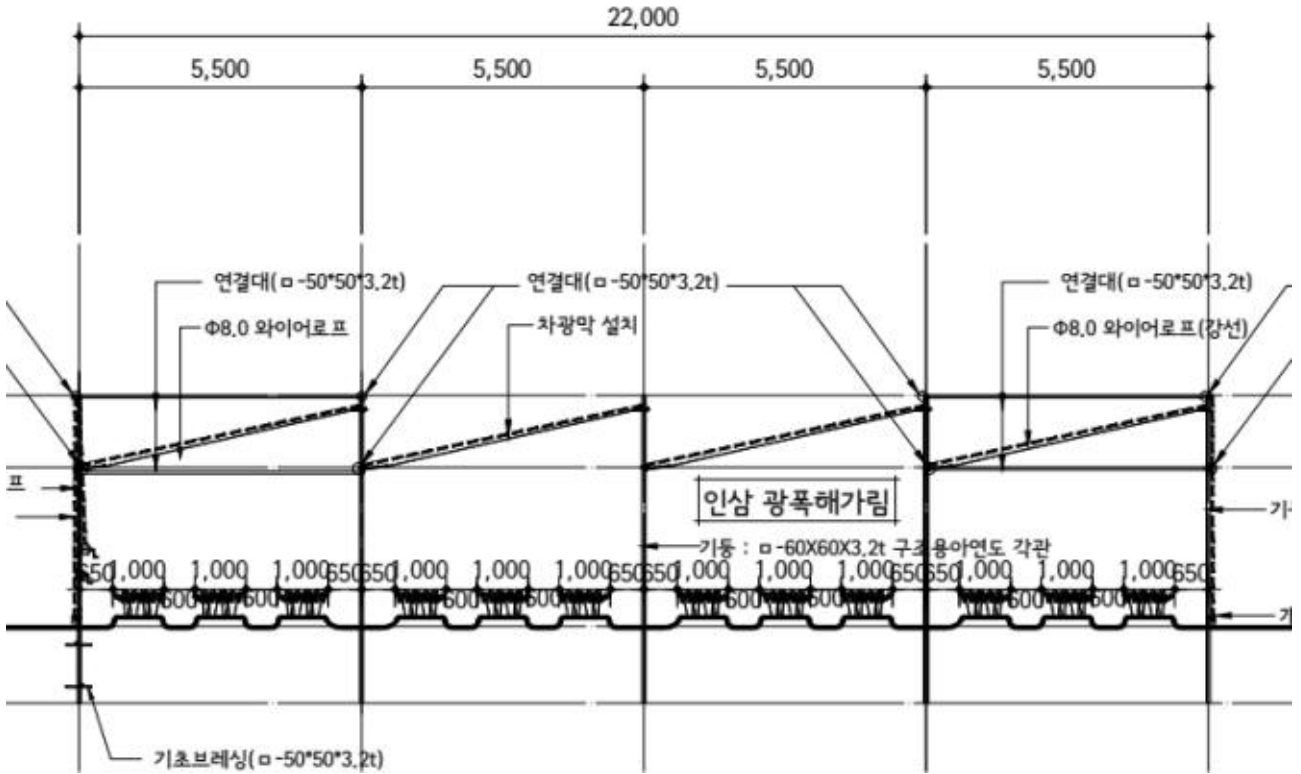


그림 5. 광폭해가림 경복식 단면도

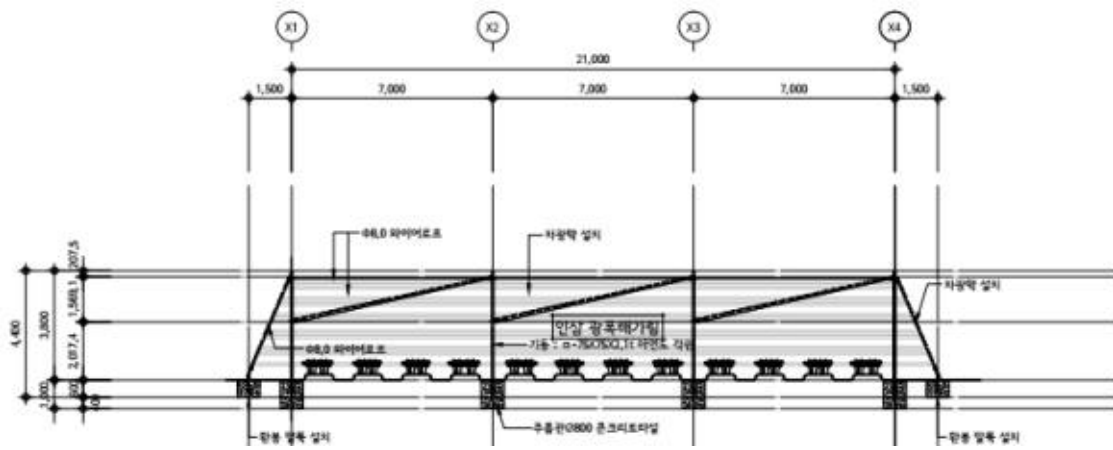


그림 6. 광폭해가림 경기식 설치 단면도

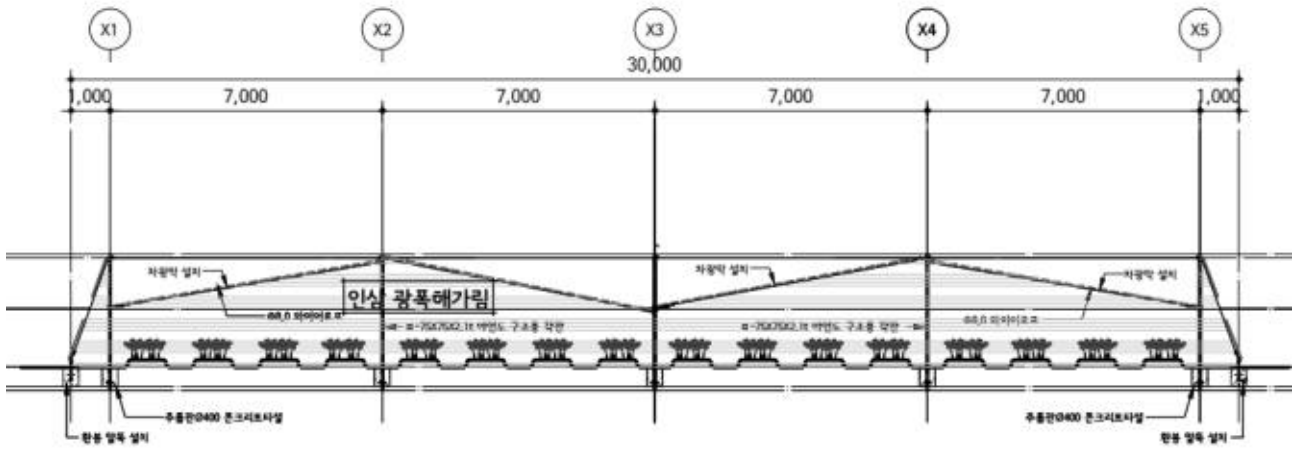


그림 7. 광폭해가림 양지붕식 단면도



설치 전 포장 전경



기초 작업



환풍 지하 기둥



환풍 기둥 매설



기둥 상단부 와이어 결속



구조물 설치 완료



차광재 설치 후 전경



광폭 해가림 내 2년근 인삼 생육

그림 8. 광폭해가림 설치과정

나. 인삼 광폭 해가림 시설 구조 안정성 조사

경북지역에 적합한 인삼 해가림 구조를 선별하기 위하여, 우선 기존의 광폭 해가림 구조에 대한 구조 안정성을 분석하였다. 적용 풍하중은 영주지역의 초당 최대 풍속인 32m/sec을 공학적으로 환산하여, 40kgf/m<sup>2</sup>를 적용하였다. 강풍이 불어 닥칠 시에는 인삼의 지상부 피해가 줄일 수 있도록 35% 차광망을 방풍망으로 활용하는 것을 기준하였다. 영주지역의 풍속은 10년 재현 기간에 대한 지역별 최대 기본풍속 자료를 토대로 활용하였다. 노풍도(지표면조도)는 풍속의 높이 분포에 큰 영향을 주는 지표면의 거칠기를 말하는 것으로 주변에 건축물이 많은 수록 A등급이며, 주변이 장애물이 될 수 있는 건축물이 없을 경우에는 최대 D등급을 줄 수 있는데, 대부분 인삼 재배 포장의 위치가 다소 산지에 있으므로 C등급을 적용하여 풍하중을 계산하였다. 중요도는 건축물의 용도 및 규모에 의해 결정되는 데, 농가 건축물, 소규모 창고 등급을 적용하여 3이었으며, 중요도 계수는 0.9를 적용하였다. 가스트 계수는 노풍도에 의해 산정될 수 있지만, 계산에 의해서도 적용될 수 있다. 다만 본 해가림 구조에 나대지에서 차광망과 철재 부속장치에 의해 풍하중을 견뎌야 되는 관계로 노풍도가 C일 때 적용되는 1.9 보다 높은 B 등급인 2.2를 적용하였다.

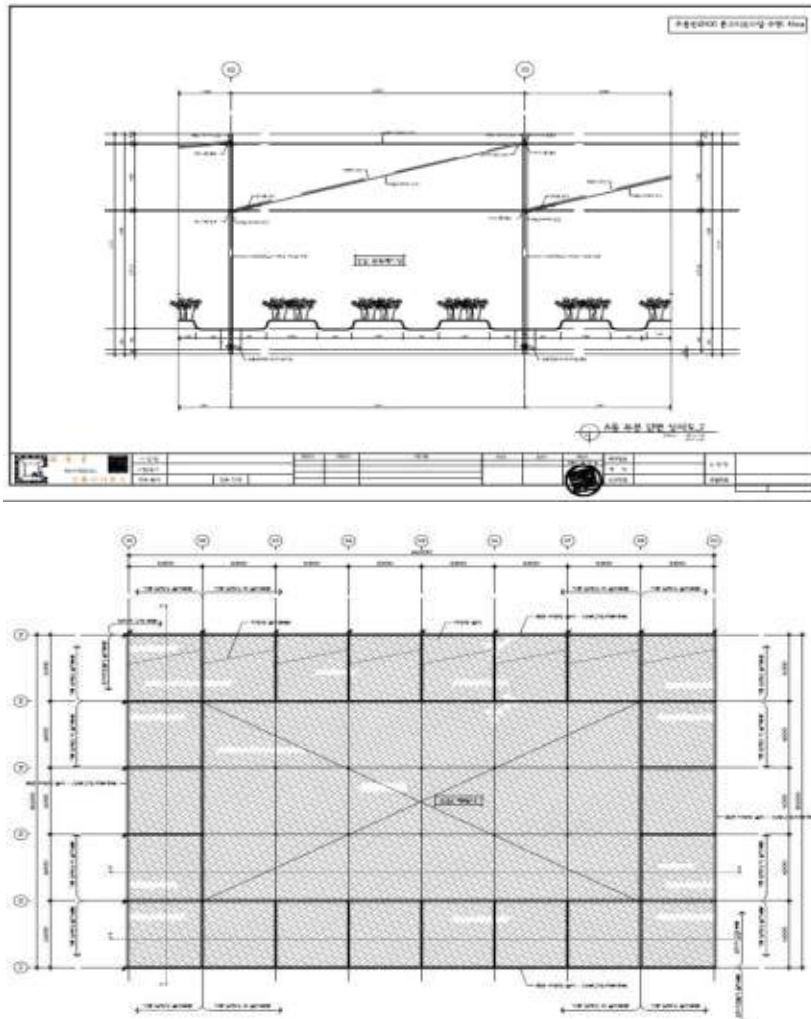


그림 9. 광폭 해가림 안전성 평가를 위한 구조 단면도(상) 및 평면도(하)

(1) 풍하중 분석 (차광망 반력 분석)

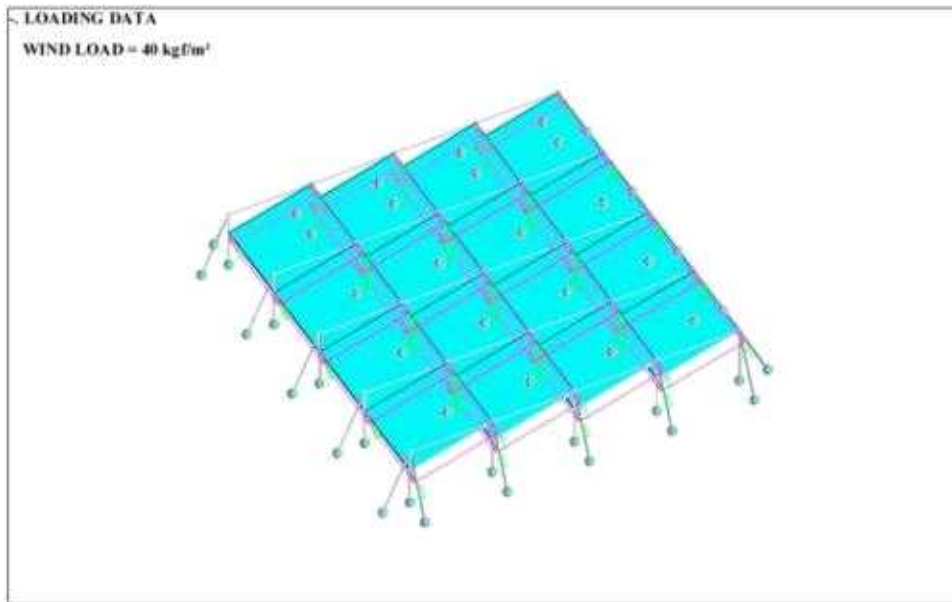


그림 10. 차광망 설치도

우리나라의 기후 특성상 비와 바람이 같이 오는 경우가 대부분이다. 이에 바람에 의해 차광망의 들림과 처짐 현상이 발생하면, 차광자재 상단의 모여 있는 강우에 의해 차광망 하단의 누수피해가 반듯이 발생하게 된다. 그래서 이에 늘어지는 특성인 인장력이 약하고, 차광자재를 설치할 때 텐션을 단단하게 유지하는 것이 중요하다. 분석결과 본 광폭 해가림 구조의 차광망이 처지는 정도는 미미한 것으로 분석되었다.

(2) 풍하중 분석 (지주파이프 풍하중 영향 분석)

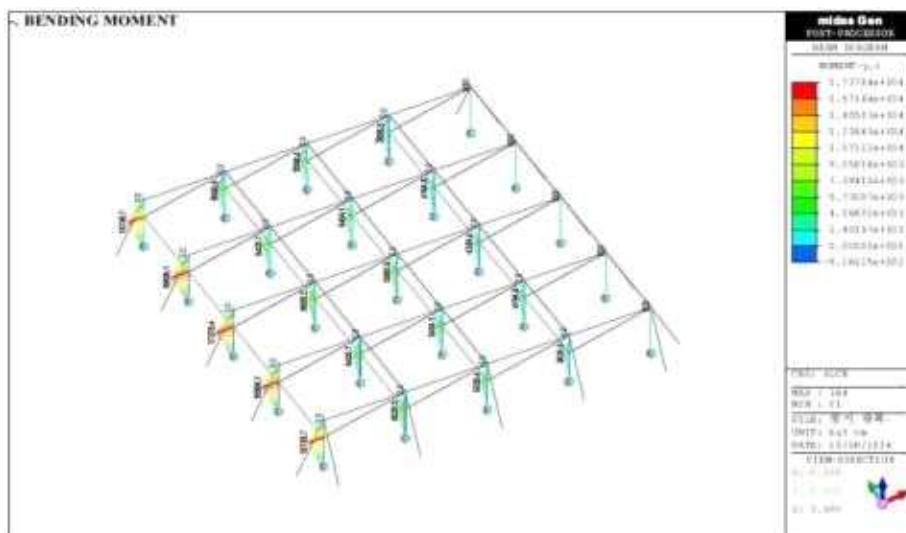


그림 11. 지주파이프 풍하중 영향 분석 도면



한 쪽 방향에서 불어 오는 풍하중에 대한 영향 분석결과로 풍하중에 의한 각관 파이프영향은 외곽에서 내부쪽으로 감쇄되는 것으로 구조물의 안정성은 확보 되는 것으로 나타났다.

### (3) 풍하중에 의한 기둥 휨 정도 분석

기둥 (각파이프 : 75mm×75mm×2.1t) 구조 안정성 확보를 위해 휨 정도를 분석한 결과 Combined Stress 값은 아래와 같이 분석되었다.

$$R_{max} = f_t/F_t + f_{bt}/F_{bt} + f_{bcz}/F_{bcz} = 0.919 < 1.000 \dots \dots \dots \text{OK}$$

한 쪽 방향에서 불어오는 풍하중에 대한 영향 분석결과로 풍하중에 의한 각관 파이프 휨 정도를 표현하는 것이다. 영향은 외곽에서 내부쪽으로 감쇄되는 것으로 구조물의 안정성은 확보 되는 것으로 나타났다. 본 광폭 해가림의 구조 안정성 분석 결과로 기둥을 각관 파이프로 가로 75mm×세로 75mm× 굵기 2.1t를 사용하였을 때, 본 해가림의 풍하중에 대한 구조 안정성은 확보되는 것으로 나타났다.

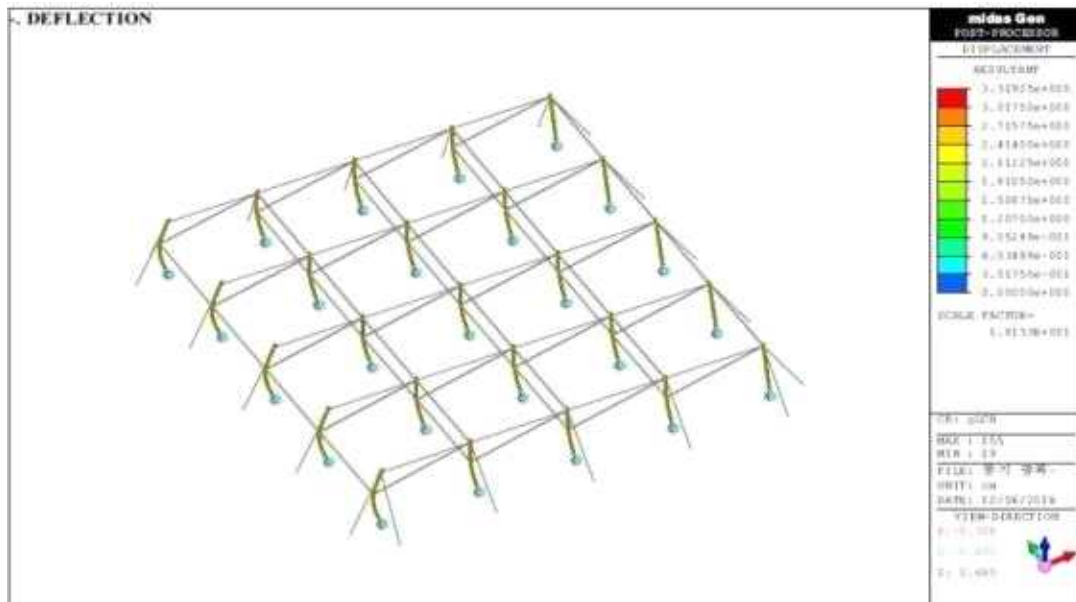


그림 12. 지주파이프의 풍하중에 의한 휨 정도 분석 도면

### 다. 차광재 선발 및 차광재별 미기상

#### (1) 차광재 선발

##### (가) 1차 선발시험

1차 차광재 선발 재료로 사용한 흑색차광망, 청색차광지, 알루미늄스크린 등의 광량 및 온도변화는 그림 9., 10.과 같았다. 흑색차광망과 청색차광지는 인삼재배농가에서 사용하고 있는 자재로 광폭해가림에 적용이 가능한지 검토하였다. 알루미늄스크린은 온실 등에서 많이 이용하는 자재로 외부용을 이용하여 광폭해가림 시설에 적용하여 시험을 하였다.

차광재별 광량변화에서는 청색차광지 처리구가 가장 광량이 높았으며 가장 높은 시간은 오



후 1시로 570  $\mu\text{mol}$ 이었고 평균은 382  $\mu\text{mol}$ 이었다. 이는 인삼재배 시 상당히 높은 광량으로 노지 관행재배에서는 하계관리로 흑색2중직망을 덧씌우기를 하여 광량을 낮추어 주지만 광폭해가림 시설에서는 고가 높아 하계관리용 차광재를 별도로 처리하기가 어렵기 때문에 청색차광지는 적합하지 않은 것으로 사료되었다. 알루미늄스크린도 가장 높을 때 444  $\mu\text{mol}$ 이었고 평균은 317  $\mu\text{mol}$ 로 높았다. 흑색차광망은 가장 높을 때 192  $\mu\text{mol}$  이었고 평균은 129  $\mu\text{mol}$  정도로 인삼 재배에 적합한 광 환경을 나타내었다.

차광재별 내부 기온은 차광재료별로 청색차광지>알루미늄스크린>흑색차광망 순으로 높았다. 09:00시 ~ 17:00시 까지 청색차광지의 최고 온도는 39.2°C 였고 평균 온도는 36°C 였다. 흑색차광망은 외부기온보다 전반적으로 낮았는데 최고 온도는 34.5°C 였고 평균기온은 33.0°C 였다. 일반적으로 인삼은 15°C 저온 일 때 광량을 15,000 lux(약 300  $\mu\text{mol}$ ) 까지 공급할 수 있고 온도가 높아질수록 유입광량은 낮추어 주어야 광합성에 유리하다. 온도가 30°C 이상으로 상승하면 광량은 5,000 lux (약 100  $\mu\text{mol}$ ) 이하로 낮추어 주어야 한다. 이 등(2008)은 4중직 차광망(청색3+흑색1), 청색 차광지, 은박코팅지 등의 자재 시험에서 투광량이 청색 차광지>은박코팅지>4중직 차광망 순으로 높았고 내부 기온도 같은 순으로 높았다고 하였다. 청색차광지 및 차광지류는 투광량이 높아 하계 관리 시에는 별도로 차광망을 덧 씌워 하계관리를 실시하여야 되는 단점이 있다. 천 등(2008)은 차광재 설치 후 투광량 조절구에서 대조구(PE 4중직 차광망) 보다 비엽중(S.L.W.)과 기공개도가 증가되었고 일중 순광합성량이 26%가 증가되었다고 하였다. 인삼 재배 시 계절별 광량조절에 따른 효과를 높이기 위해 온도가 낮은 봄, 가을에는 광유입량이 늘리고 하계에는 피복물을 덮어 관리하는 것이 농가에서 실시하고 있는 관행적인 방법이다.

차광재별 내부 상대 습도 변화는 기온이 높고, 투광량이 많았던 청색차광지 처리가 평균 43.9%로 가장 낮았다. 흑색차광망의 상대습도 평균은 51.3%, 알루미늄스크린은 44.1%였다. 인삼생장에 적합한 상대습도는 50% ~ 60% 정도로 흑색차광망 환경에서 상대습도조건이 가장 유리하였다. 인삼생장에서 상대습도는 높을수록 병해 발생률이 증가하고 낮으면 충의 발생이 증가하는 경향이 있다. 광폭해가림 시설은 외부에 노출되어 있는 환경이기 때문에 인위적으로 습도를 조절할 수 있는 것은 아니지만 차광재료에 따라서 상대습도가 변화되는 것을 알 수 있었다. 천 등(1991)은 기존 벚짚을 이용한 차광재와 PE(polyethylene) 소재의 차광재를 비교시험하면서 벚짚보다 PE 소재의 차광재에서 인삼의 광합성률이 더 높았고 차광재의 투광률은 실제 차광재의 투광률 보다 전주 부분으로 들어오는 광유입 때문에 차광재의 투광량보다 2 ~ 4% 더 증가 된다고 하였다. 또 투광률별 수량은 10%가 가장 높았으며 15% 이상의 구에서는 투광률이 증가할수록 10% 구에 비해 결주율이 크게 증가되었다고 하였다. 광유입량이 높다는 것은 차광재의 밀도가 낮다는 것으로 강우 시 빗물의 유입량이 증가하여 병해 발생이 높고, 투광량이 높으면 인삼의 생육에도 영향을 주게 되어 결주율이 증가될 수 있다. 이 (1997)도 당시 관행이었던 벚짚보다 개선된 P.E. 차광망의 광유입이 진행, 후행에서 개선되어 관행 벚짚 보다 6년근의 수량성이 28% 증가되었다고 하였다.

1차 차광재 선발 시험에서는 광환경, 기온, 상대습도의 조건으로 볼 때 흑색차광망이 적합할

것으로 보였지만 차광망의 폭이 관행에 비해 넓고 S자 고리를 이용하여 와이어에 걸어 고정을 하여 장력이 다소 약하였고 강풍이 불면 위아래로의 진폭이 크고 다량의 강우 시 처짐 현상이 발생하면서 물이 모여 두둑으로 집중적으로 떨어지는 등 배수성이 좋지 않았다.

1차 선발 시험은 농가에서 인삼재배 시 사용하는 차광재의 활용가능성에 검토를 하였는데 청색차광지, 알루미늄스크린은 내부 환경 및 강우 시 배수성이 인삼재배에 적합하지 않았고 흑색차광망은 광, 온도, 습도의 환경을 우수하였으나 강우 시 배수성이 좋지 않아 광폭해가림 구조 조건에는 적합하지 않은 것으로 사료되었다.



그림 13. 광폭해가림 내 차광재 설치 전경

차광재 종류별 광량변화

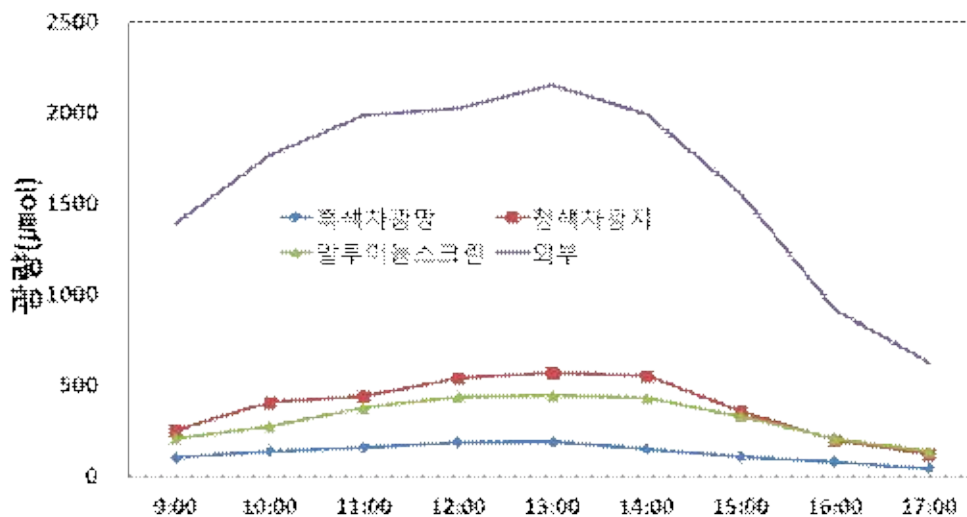


그림 14. 차광재 종류별 광량변화(흑색차광망 85%, 청색차광지 70%, 알루미늄스크린 75%)

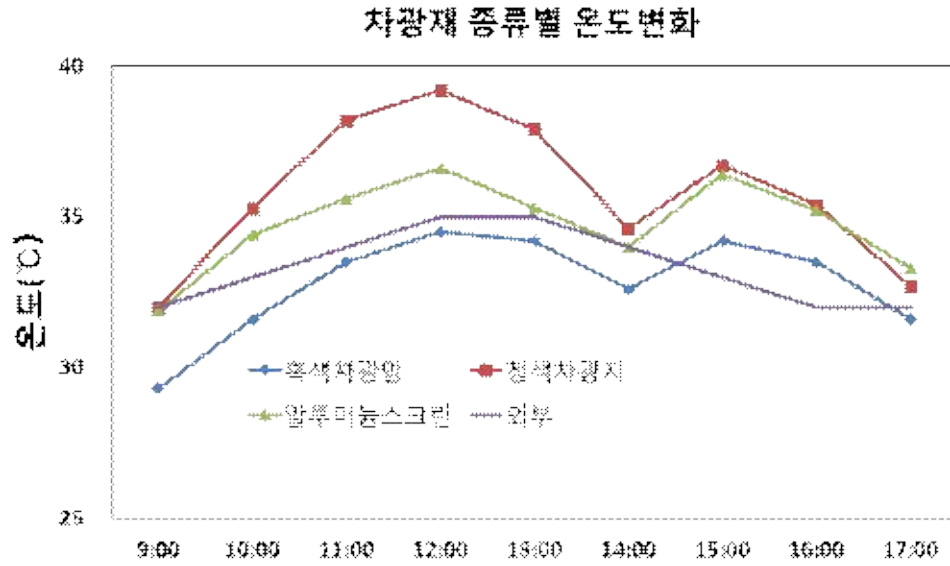


그림 15. 차광재 종류별 온도변화

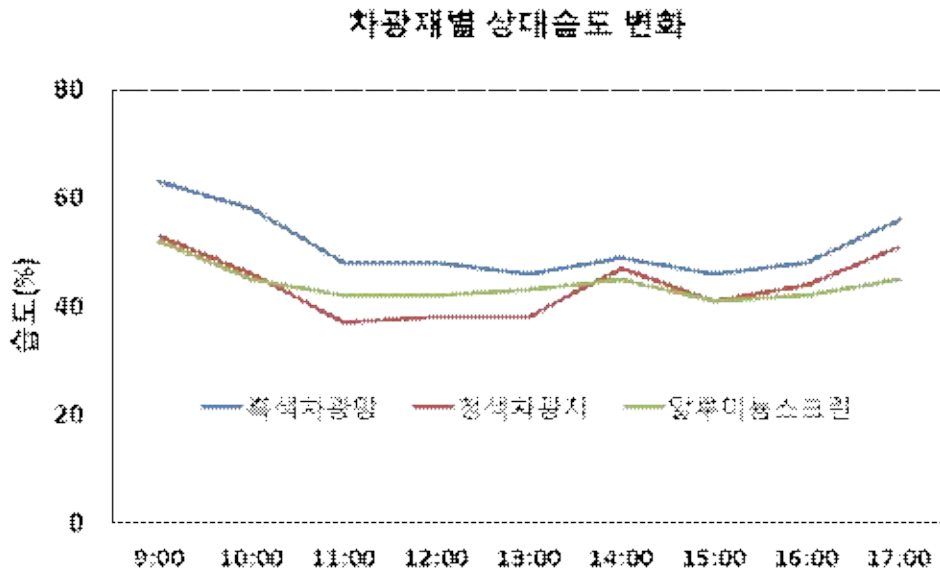


그림 16. 차광재 종류별 상대습도 변화

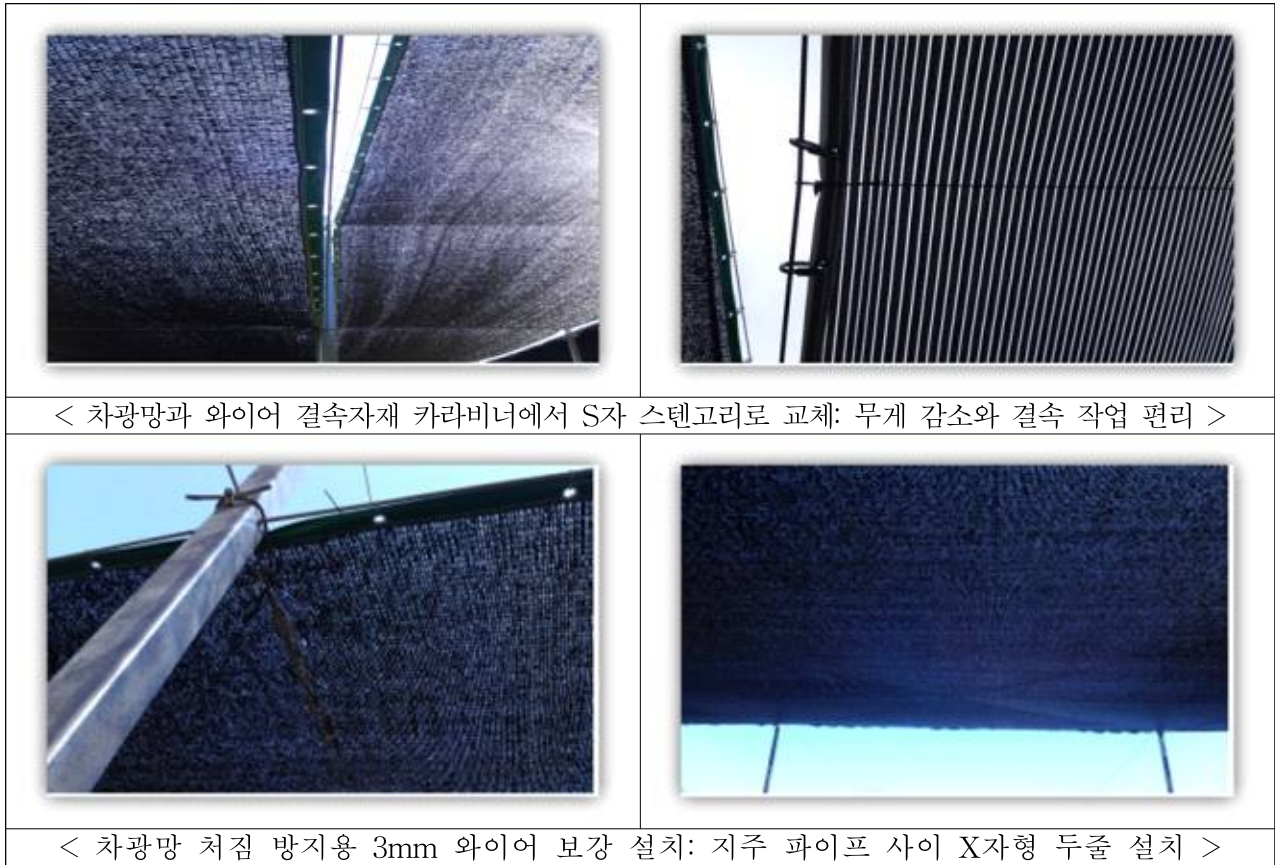


그림 17. 차광재 종류별 상대습도 변화

(2) 2차 선발시험

1차 차광재 선발시험에서 사용된 자재는 기존 인삼재배에서 사용되던 자재로 광폭용으로는 적합하지 않은 것으로 조사되어 2차 차광재선발 시험에서는 광폭해가림에 사용할 수 있는 다양한 자재를 검토하고자 하였다. 폭이 넓은 광폭해가림 구조의 특성상 비누수자재는 강우 시 빗물이 고이는 현상이 발생하기 때문에 빗물의 배수성이 우수하면서 인삼두둑 상면에 적절한 수분을 공급해 줄 수 있는 자재가 요구되었다.

2차 차광재 선발에 사용한 재료는 표 3.과 같았다. 총 6종의 재료로 농업용 차광재 및 방조망 등으로 사용되는 자재로 재료의 특성을 조사한 내용은 표 4.와 같았다. 투광량과 누수정도 평가에서 적합한 자재로 1번(흑색 200g), 5번(황색 240g)자재가 우수한 것으로 나타났었다.

차광재 설치 후 내부 기온의 변화(그림 14.)에서는 1번(흑색 200g), 3번(그린), 5번(황색 240g)이 외부 기온보다 낮게 유지되어 인삼재배에 가능성이 있었고 나머지 차광재는 온도가 35℃ 이상으로 상승하여 인삼재배에 적합하지 않았다. 내부 습도변화(그림 15.)에서는 투광률이 높을수록 상대습도는 낮아지는 특성이 있었다. Lee 등 (1982)은 인삼생육의 최적광량 연구에서 투광률이 20% 정도 일 때 수량성이 높았다고 하였으나 PE 소재로 투광량이 높다는 것은 직물의 밀도가 낮아지는 것으로 빗물유입이 증가하여 병발생이 높아질 수 있기 때문에 다양한 면에서 차광재의 특성이 고려되어야 되었다.

2차 차광재 선발시험 결과 차광률, 배수성 등을 고려할 때 흑색차광망 200g/m<sup>2</sup>와 황색차광망 240g/m<sup>2</sup>가 가장 적합한 것으로 나타났다.

표 2. 2차 차광재 선발 재료의 특성













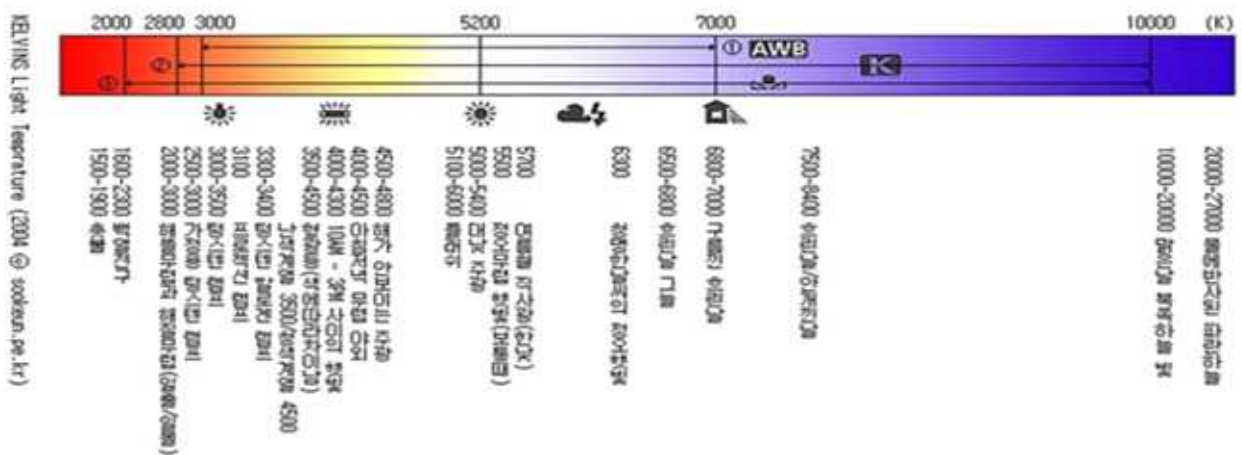
연번	구분	차광망 규격
1		90% Shade Cloth, 흑색(200g/m <sup>2</sup> , Mono+Tape)
2		Shade Cloth, 황색(200g/m <sup>2</sup> , Mono+Tape)
3		80% Shade Cloth, 그린(all Mono)
4		Woven Net, 블루
5		90% Shade Cloth, 황색(240g/m <sup>2</sup> , Mono+Tape)
6		Shade Cloth, 회색



표 3. 2차 차광재의 광환경 및 누수정도

연번	구분	광량( $\mu\text{mol}$ )		투광률 (%)	캘빈온도 (K)	누수정도 (%)	적합여부
		외부	내부				
1		2,200	236	10.7	6,010	20	◎
2		2,106	450	21.4	4,410	80	×
3		2,171	711	32.8	6,030	80	×
4		2,005	1,113	55.5	6,370	0	×
5		2,123	394	18.6	4,290	20	◎
6		2,087	702	33.6	5,810	0	×

※ 참조: 광질(K) 캘빈 온도 모식도





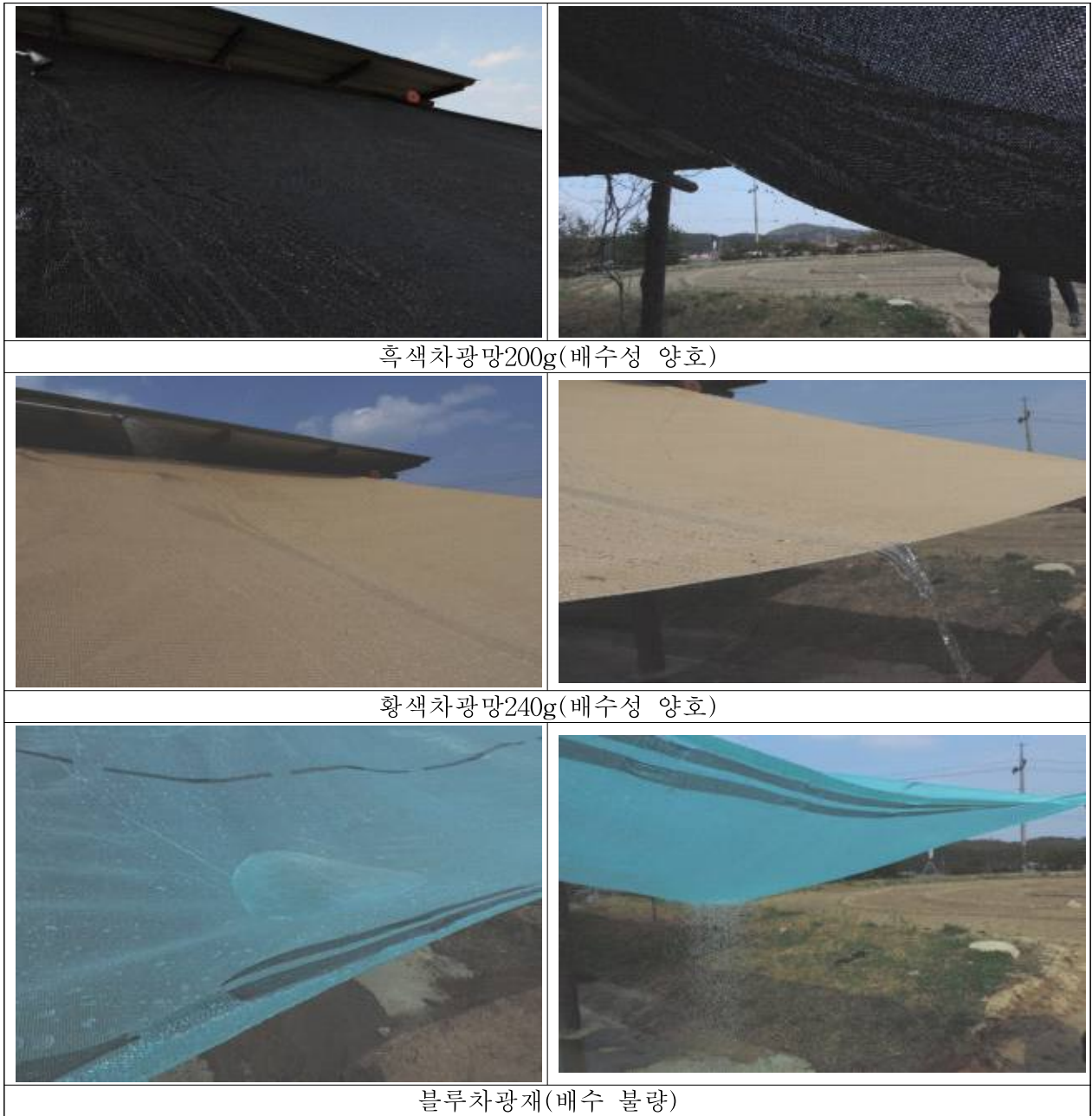


그림 18. 차광재별 배수성 정도

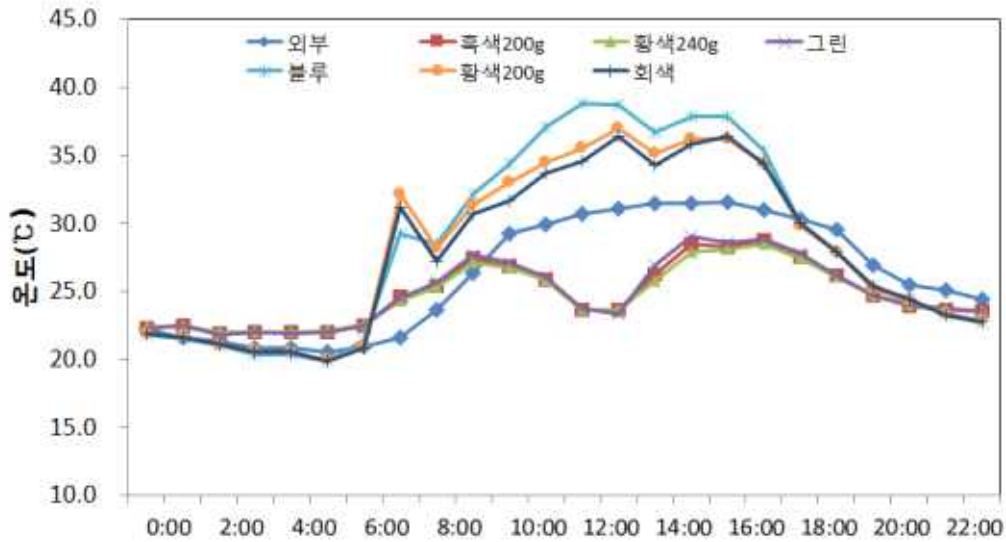


그림 19. 차광재 종류별 일중 온도(°C) 변화(2015. 7. 28 ~ 7. 31, 측정높이 : 지상 30cm)

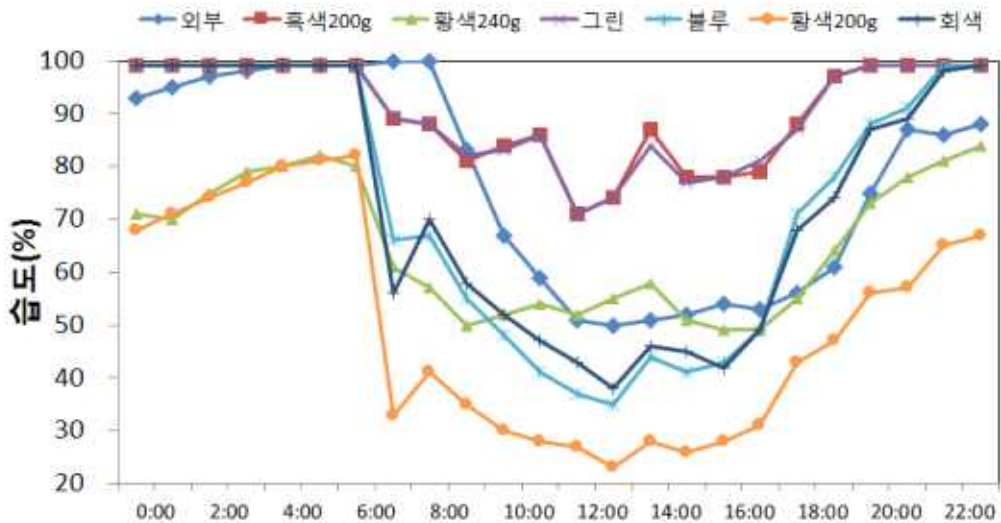


그림 20. 차광망 종류별 일중 습도(%) 변화 (2015. 7. 28 ~ 7. 31)

### (3) 3차 선발시험

3차 차광재 선발시험은 2차에서 선발한 차광재인 모노필라멘트+테이프 타입의 소재인 흑색 200g(주신영공업사, 한국), 황색 240g(주신영공업사, 한국) 차광망과 캐나다의 인삼포에 사용하는 흑색차광망(75%흑색, Gintec, Canada), 외부용 알루미늄스크린, 흑청2중직(대조) 등을 사용하여 시험을 수행하였다. 3차 시험에서의 모형에 따른 차광재 설치 모식도는 그림 16. 및 그림 17.과 같다.

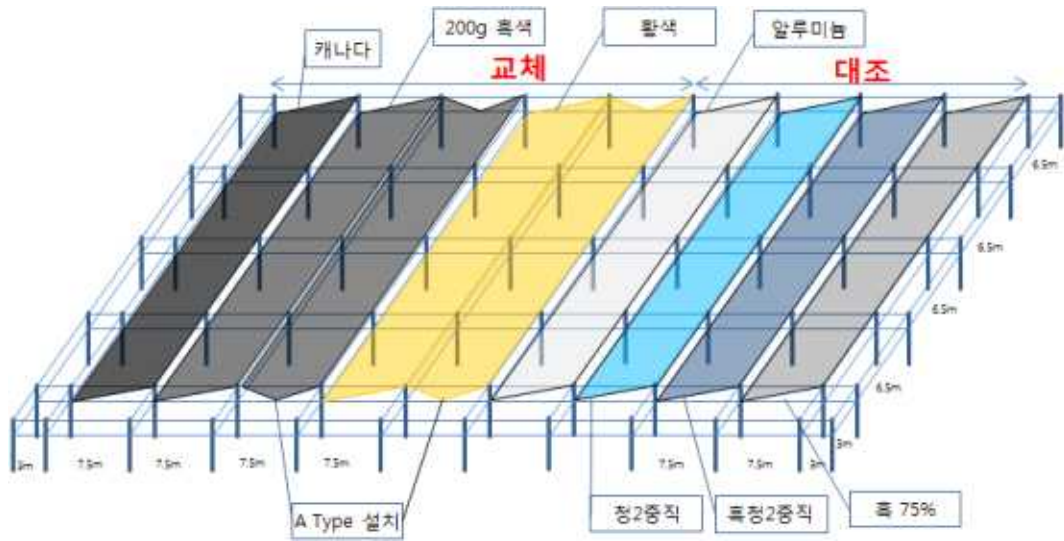


그림 21. A형 7.5m 차광자재 종류별 설치 모식도

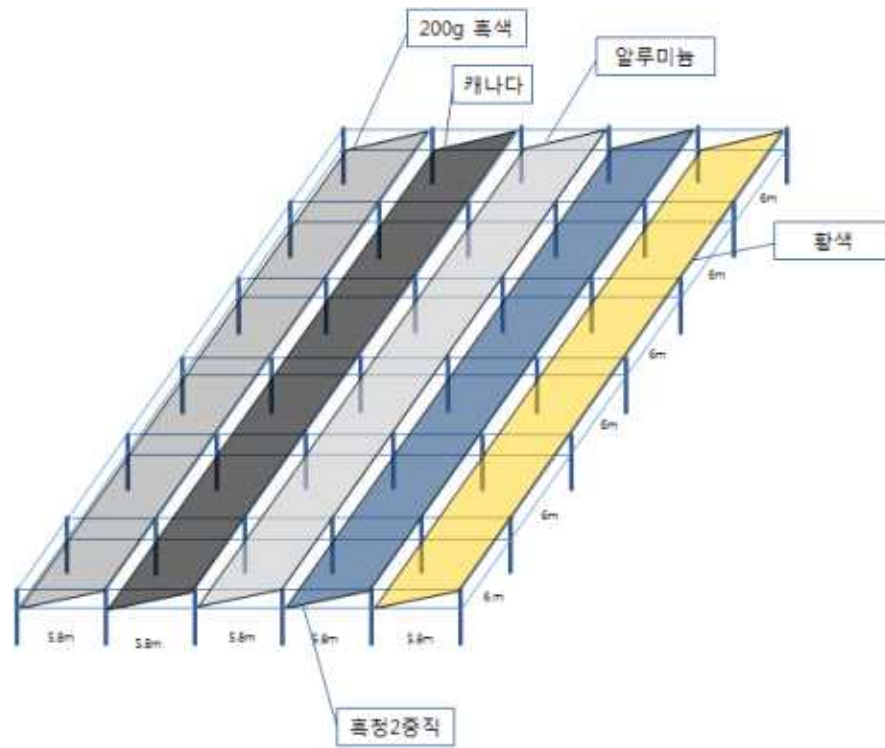


그림 22. B형 5.8m 차광자재 종류별 설치





< 광폭(4.5m)과 표준(1.8m) 해가림의 높이 비교 >



< 광폭 해가림 전체 모습 >



< 캐나다 해가림(7.5m) >



< 흑색 200g/m<sup>2</sup>(7.5m) >



< 황색 240g/m<sup>2</sup>(7.5m) >



< 청색 차광망(7.5m) >



< 알루미늄 스크린(7.5m) >

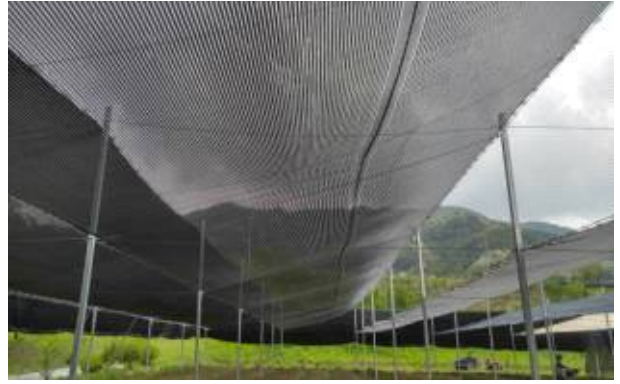


< 흑색 차광망(7.5m) >

그림 23. 모형 A 차광자재 종류별 설치 전경



< 흑색 200g/㎡(5.8m) >



< 캐나다 해가림(5.8m) >



< 알루미늄 스크린(5.8m) >



< 흑청2중직 차광망(5.8m) >



< 황색 240g/㎡(5.8m)-경사식- >



< 황색 240g/㎡(7.5m) -V자형- >

그림 24. 모형 B 차광자재 종류별 설치 전경



(가) 차광자재 종류별 미기상 환경

차광재별 미기상환경은 광폭해가림 시설에 설치된 차광 내 하부의 기온과 유입되는 광량을 5월 ~ 10월 까지 조사하였다(표 5. ~ 표 16.). 5월 ~ 10월 동안 시설 내부의 평균기온변화는 8월에 가장 높았으며 10월이 가장 낮았다. 평균기온은 Gintec이 가장 높았고 최고기온은 8월에 황색 240g이 가장 높았다. 평균광량은 6월이 가장 높았고 후기로 갈수록 평균광량은 낮아지는 경향이였다. 이것은 일사량이 봄철에 높고 가을이 낮은 계절적인 요인에 의한 것으로 볼 수 있었다. 차광재별 평균 광량은 알루미늄스크린>Gintec>흑청2중직> 황색 240g>흑색 200g 순이었다. 가장 더운 시기인 8월 초순의 차광재 표면과 지표면의 온도(그림 34.)는 Gintec 차광재의 내부 표면온도가 54.0℃로 가장 높았고 알루미늄스크린이 42.7℃로 가장 낮았다. 지표면의 온도도 Gintec 차광재가 31.2℃로 가장 높았으며 지표면의 온도는 흑색 200g과 알루미늄스크린이 각각 27.2℃, 27.3℃로 다른 차광재 보다 0.2 ~ 3.9℃ 낮았다.

차광재별 내부 기온 및 지면 온도는 차광재에 따른 투광률이 높을수록 높아지는 경향이였다. 인삼은 호령성 식물로 엽온이 35℃ 이상 올라가게 되면 광합성이 정지되면서 호흡량이 증가 되므로 시설 내부의 온도를 낮추어 주는 것이 중요하다. 인삼재배에서는 다양한 자재들이 사용되고 있고 또 하계관리를 위한 자재를 보완하여 사용할 수 있지만 광폭해가림 재배에서는 기본 차광재만으로 하계관리가 되어야 되므로 차광재 특성을 잘 고려하여 선발하여야 되었다.

표 4. 5월 차광재 하부 기온 변화(조사시기 : 2016년 5월 16일 ~ 5월 30일)

구분	흑색 200g	Gintec	알루미늄스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	18.7	18.8	18.7	18.4	18.4
최고	30.3	30.7	30.8	30.9	31.1
최저	6.1	6.1	6.0	5.8	5.9

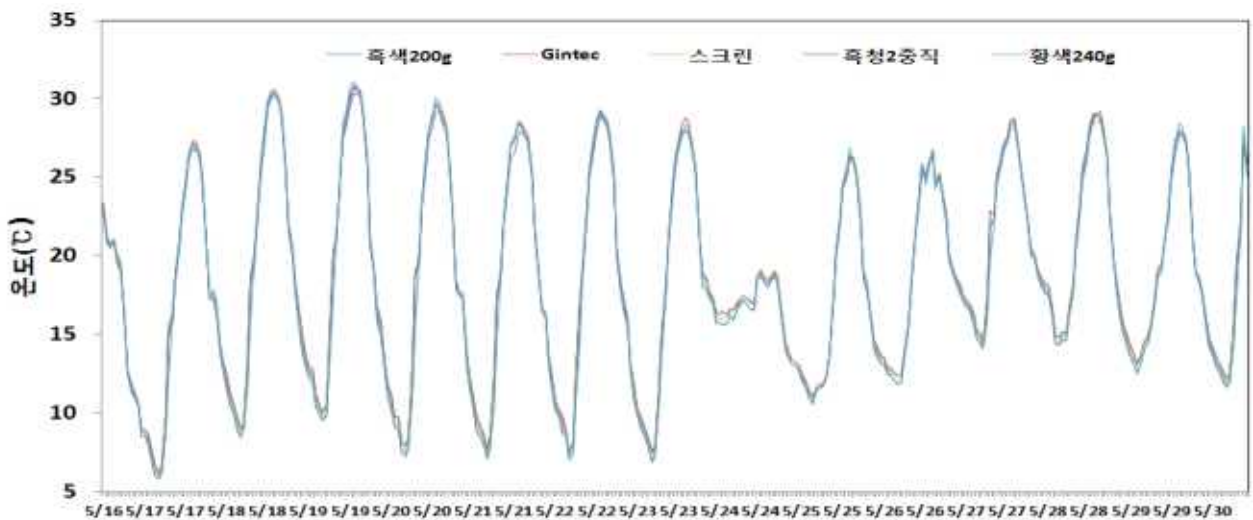


그림 25. 5월 차광재 하부 기온변화



표 5. 5월 차광재별 하루 광량( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )

구분	흑색 200g	Gintec	알루미늄스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	105	201	185	177	152
최고	249	488	425	437	393

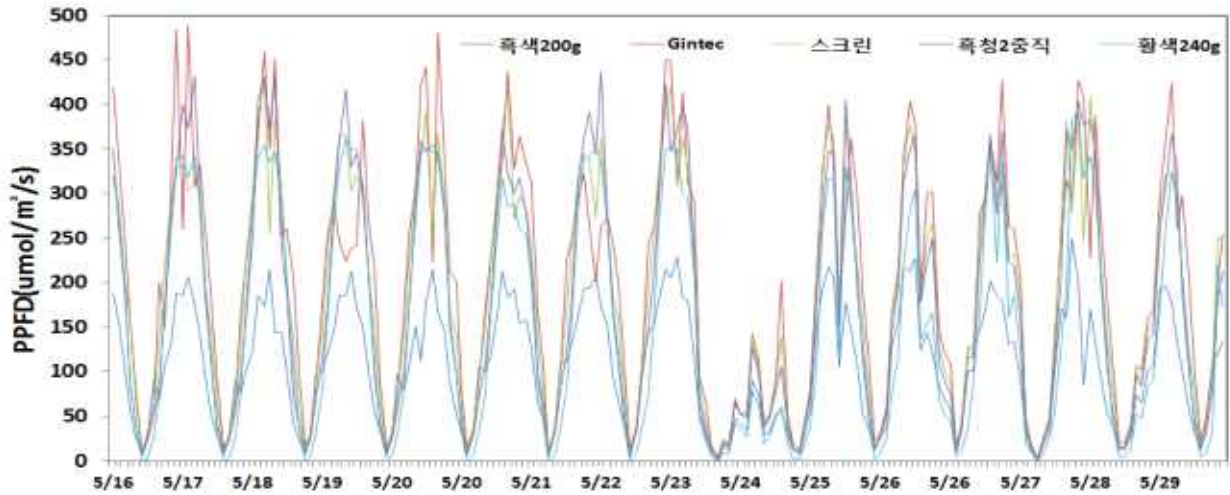


그림 26. 5월 차광재 하루 광량변화

표 6. 6월 차광재 하루 기온 변화(조사시기 : 2016년 6월 1일 ~ 6월 30일)

구분	흑색 200g	Gintec	알루미늄스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	22.0	22.1	22.4	22.5	22.3
최고	32.8	31.7	32.0	33.0	33.3
최저	8.6	8.5	8.8	9.0	9.0

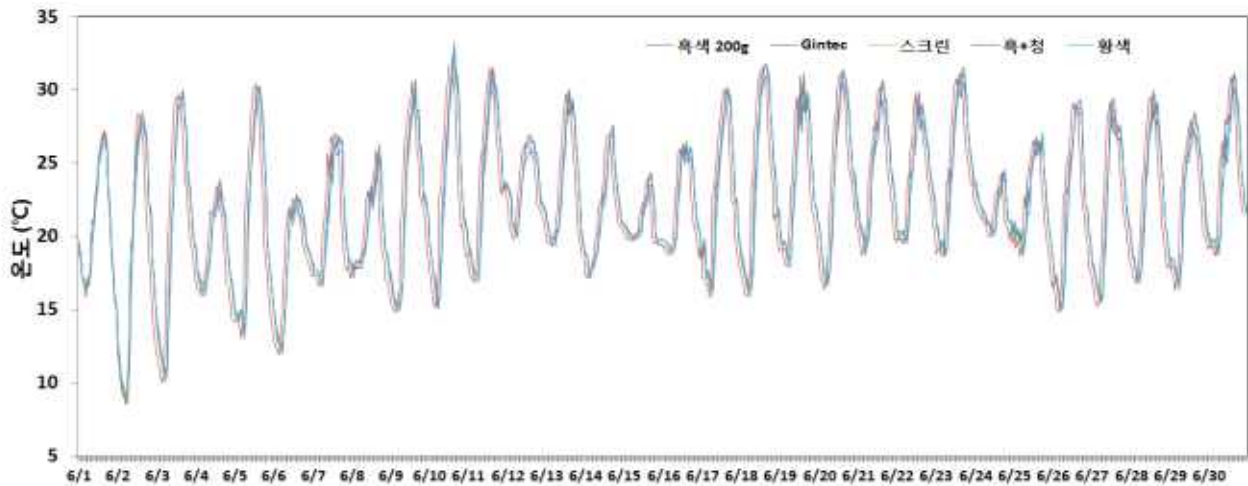


그림 27. 6월 차광재 하루 기온변화

표 7. 6월 차광재별 하부 광량( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )(조사시기 : 2016년 6월 1일 ~ 6월 30일)

구분	흑색 200g	Gintec	알루미늄스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	130	176	193	201	126
최고	549	794	869	757	711

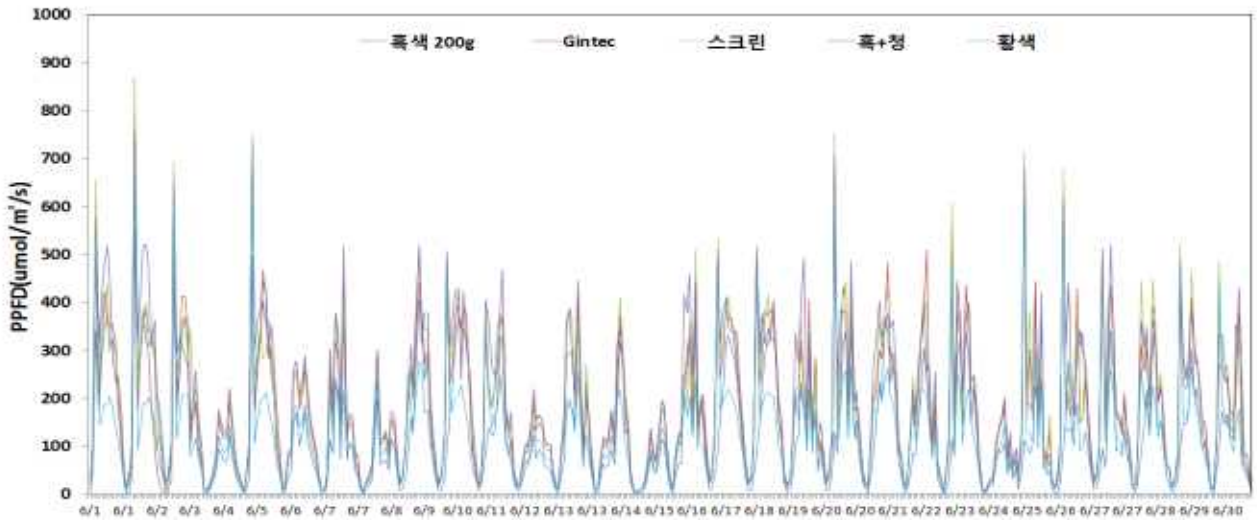


그림 28. 6월 차광재 하부 광량변화

표 8. 7월 차광재 하부 기온 변화(조사시기 : 2016년 7월 1일 ~ 7월 30일)

구분	흑색 200g	Gintec	알루미늄스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	24.3	24.5	24.4	24.2	24.1
최고	33.8	34.1	34.0	33.8	33.5
최저	15.6	15.6	15.5	15.1	14.5

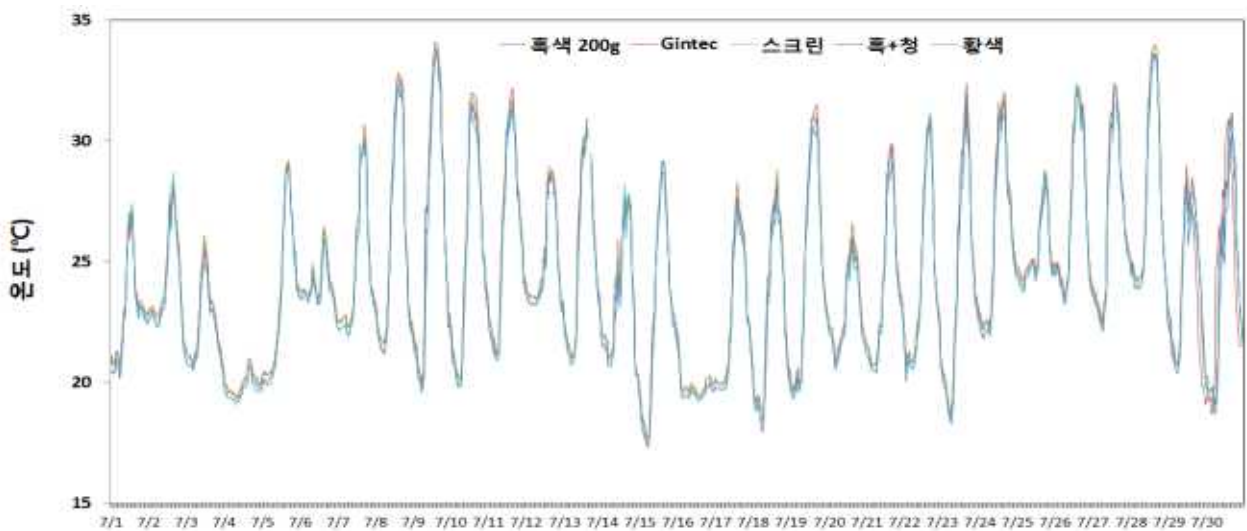


그림 29. 7월 차광재 하부 기온변화

표 9. 7월 차광재별 하부 광량( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )(조사시기 : 2016년 7월 1일 ~ 7월 29일)

구분	흑색 200g	Gintec	알루미늄스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	95	156	153	140	99
최고	698	725	779	728	491

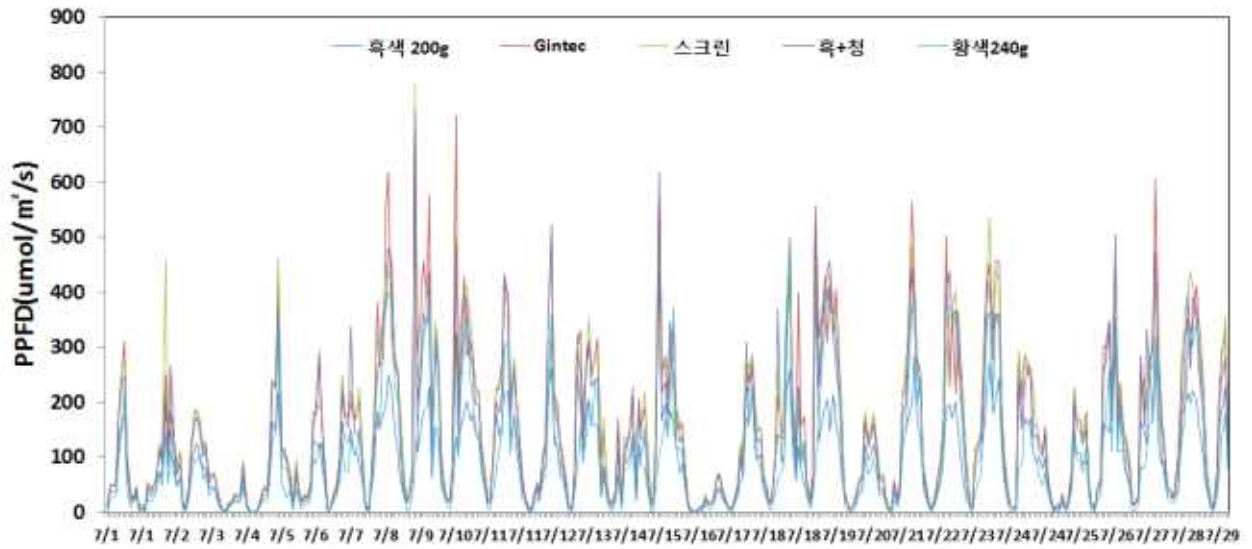


그림 30. 7월 차광재 하부 광량변화

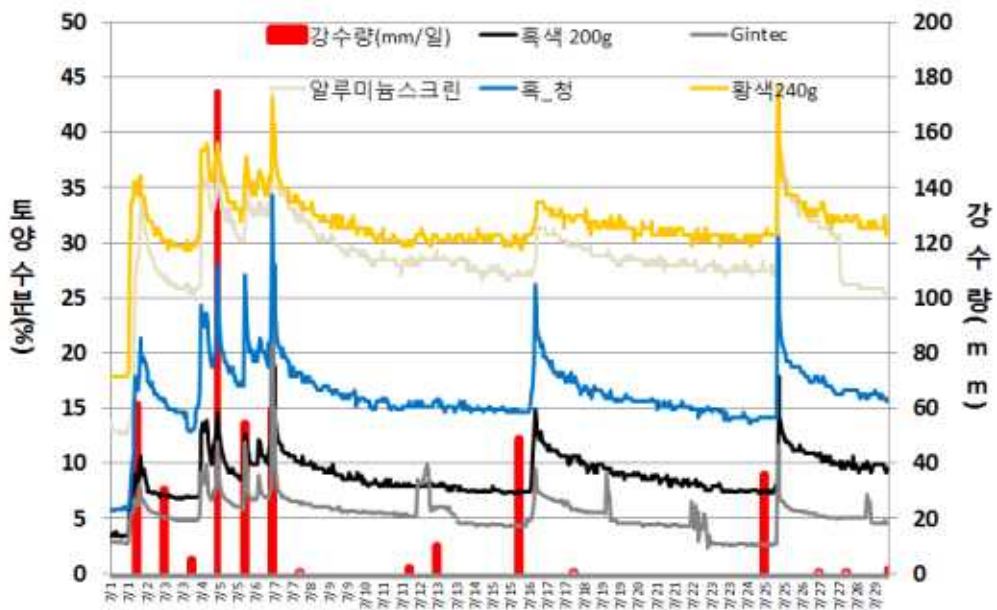


그림 31. 차광자재 종류별 7월 토양 수분 함량 변화

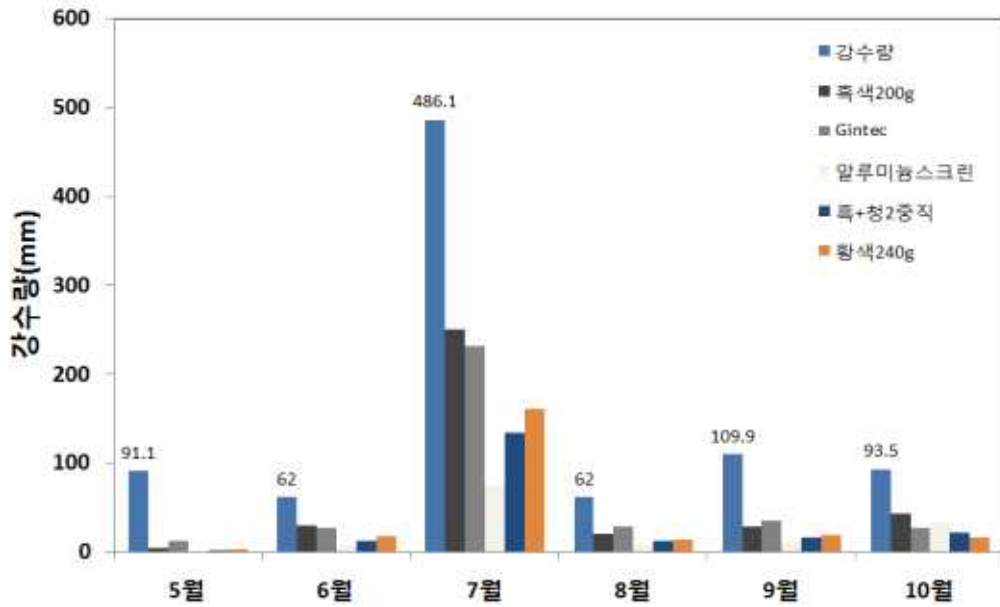


그림 32. 강수량에 따른 차광자재 종류별 누수량 비교

표 10. 8월 차광재 하부 기온 변화(°C)(조사시기 : 2016년 8월 1일 ~ 8월 31일)

구분	흑색 200g	Gintec	알루미늄스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	25.8	26.0	25.9	25.6	25.5
최고	35.9	36.3	36.0	36.2	36.3
최저	12.0	11.9	11.9	11.7	11.8

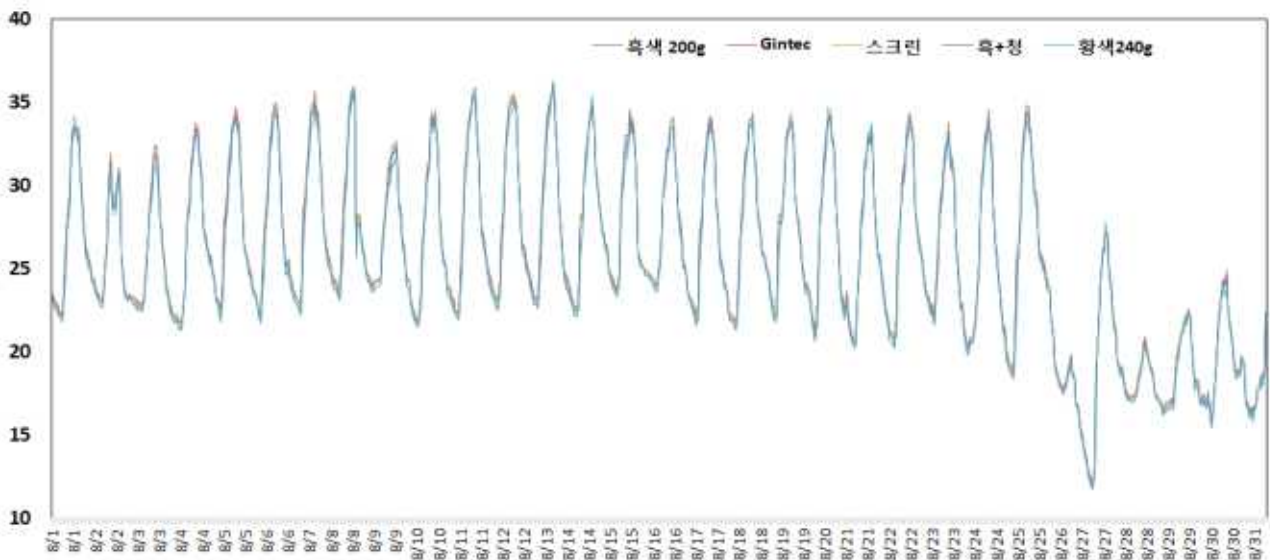


그림 33. 8월 차광재 하부 기온변화

표 11. 8월 차광재별 하부 광량( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )(조사시기 : 2016년 8월 1일 ~ 8월 31일)

구분	흑색 200g	Gintec	알루미늄스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	61.2	108.7	104.0	96.0	78.4
최고	483.0	562.0	476.0	532.0	427.0

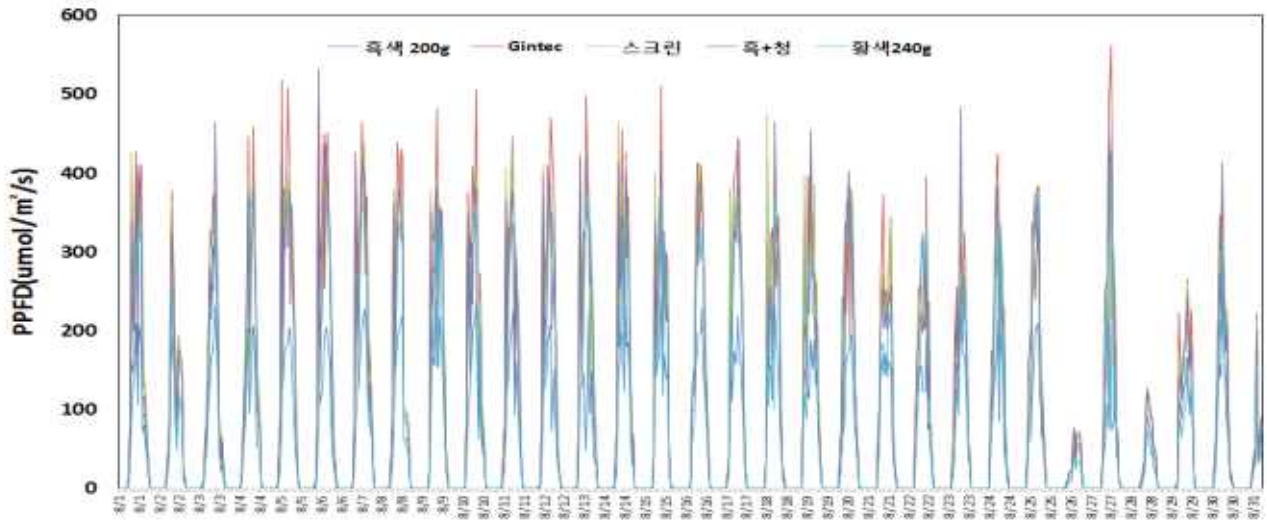


그림 34. 8월 차광재 하부 광량변화

표 12. 9월 차광재 하부 기온 변화( $^{\circ}\text{C}$ )(조사시기 : 2016년 9월 1일 ~ 9월 30일)

구분	흑색 200g	Gintec	알루미늄스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	20.4	20.4	20.3	20.1	20.1
최고	29.9	30.0	30.1	29.6	29.6
최저	8.9	8.9	8.7	8.7	8.7

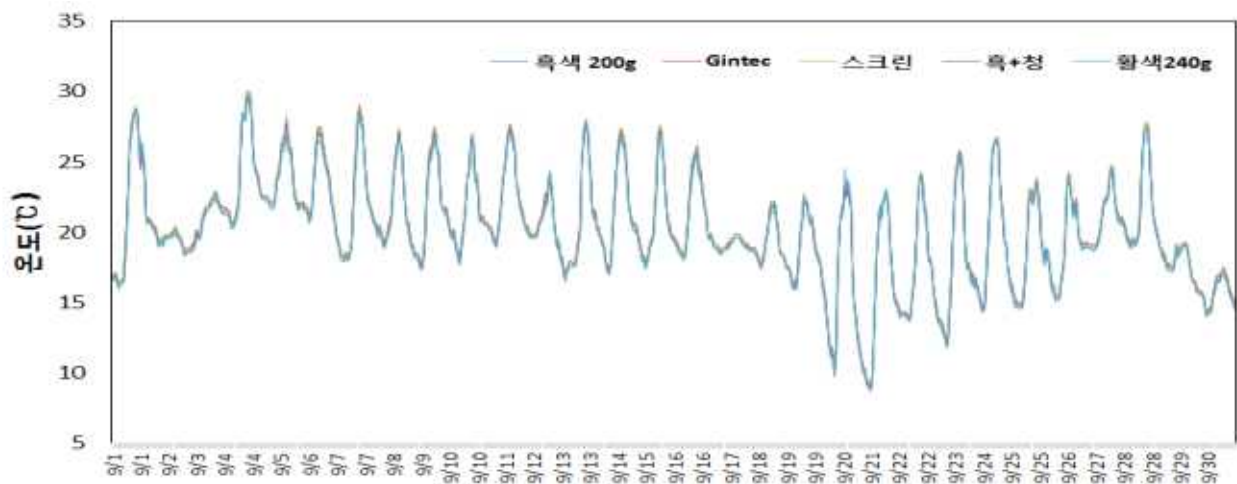


그림 35. 9월 차광재 하부 기온변화



표 13. 9월 차광재별 하루 광량( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )(조사시기 : 2016년 9월 1일 ~ 9월 30일)

구분	흑색 200g	Gintec	알루미늄스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	35	57	58	52	41
최고	222	427	403	400	354

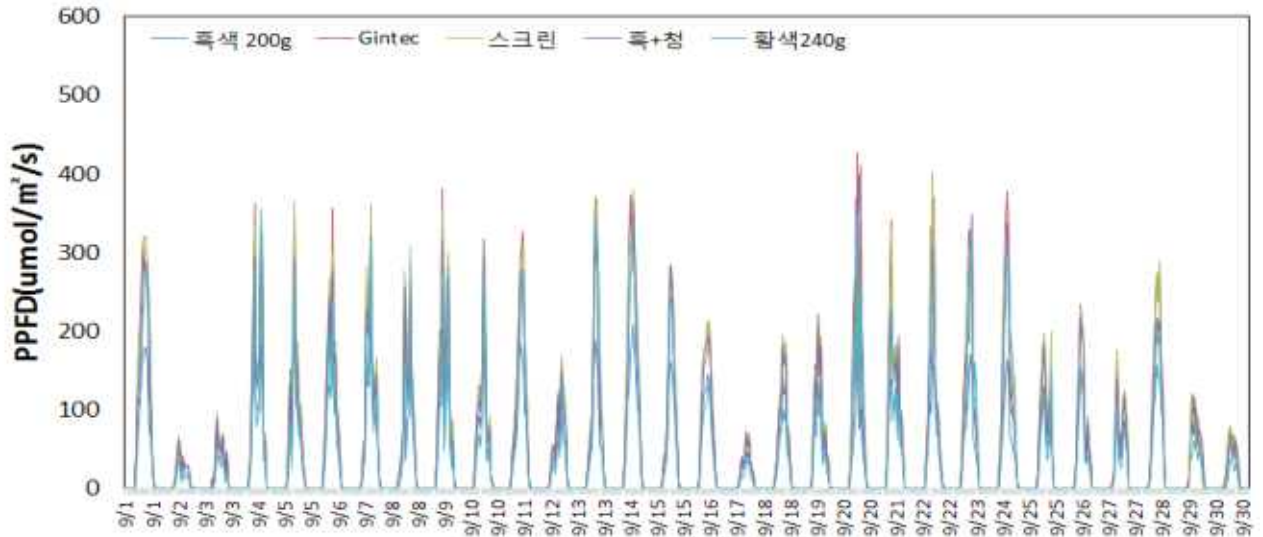


그림 36. 9월 차광재 하루 광량변화

표 14. 10월 차광재 하루 기온 변화( $^{\circ}\text{C}$ )(조사시기 : 2016년 10월 1일 ~ 10월 15일)

구분	흑색 200g	Gintec	알루미늄스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	15.9	15.9	15.9	15.6	15.7
최고	27.0	27.0	27.0	26.9	27.7
최저	6.2	6.0	6.2	6.0	6.1

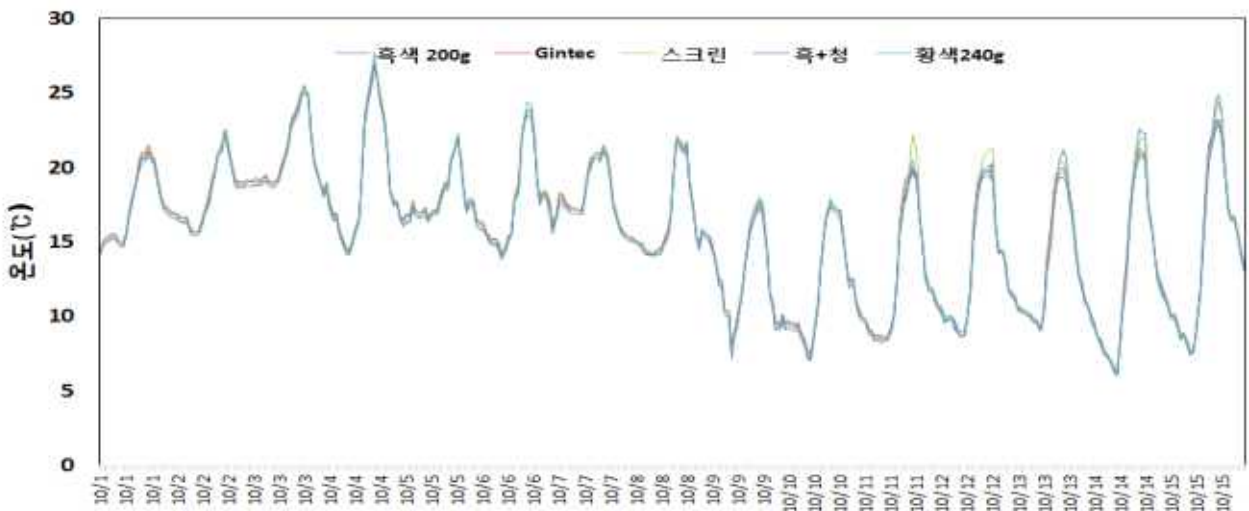


그림 37. 10월 차광재 하루 기온변화

표 15. 10월 차광재별 하루 광량( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )(조사시기 : 2016년 10월 1일 ~ 10월 15일)

구분	흑색 200g	Gintec	스크린	흑청2중직	황색 240g
평균	35.8	48.5	57.5	44.1	44.9
최고	298.0	378.0	386.0	317.0	310.0

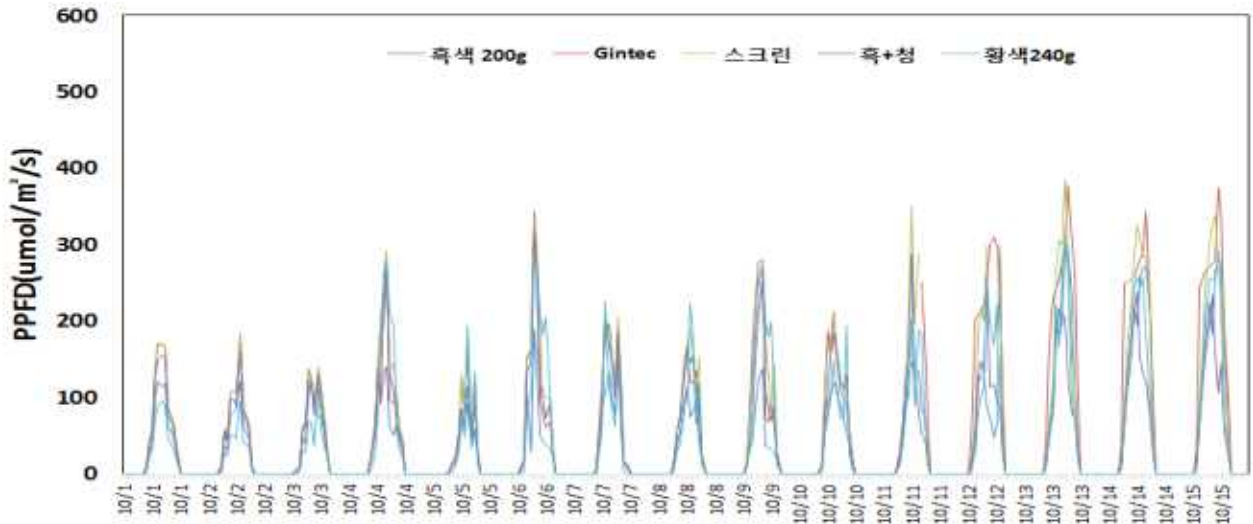


그림 38. 10월 차광재 하부 광량변화

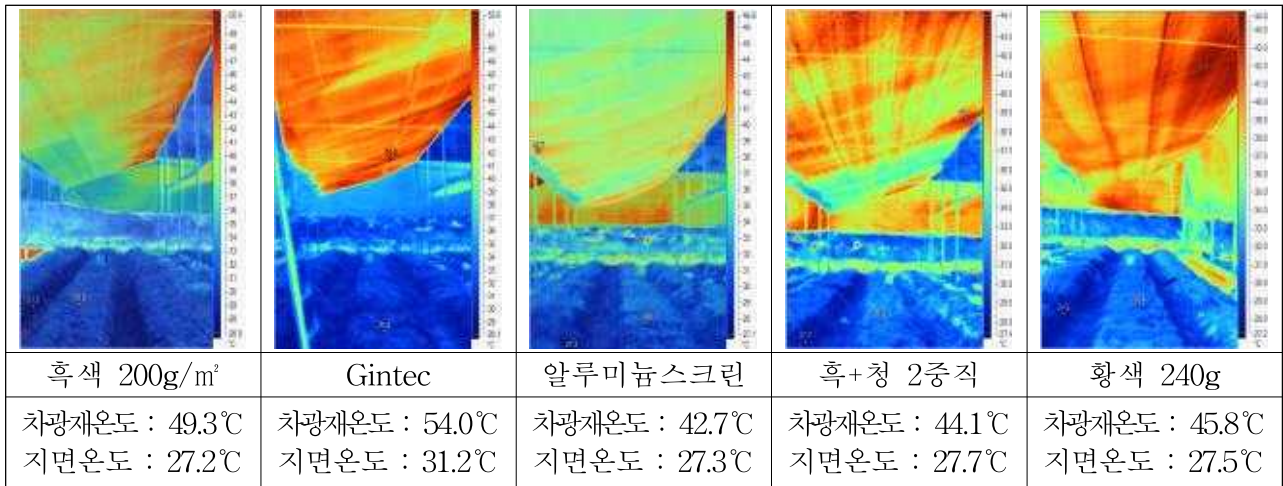


그림 39. 차광자재 종류별 열화상 이미지(조사일 : 2016. 8. 9. 12:00 ~ 14:00)

(나) 차광재 종류에 따른 인삼의 생육특성

차광재 종류별 2년근 인삼의 생육 특성은 표 17., 표 18.과 같았다. 2년근 인삼의 지상부와 지하부 생육에서 유의적인 특성은 없었지만 생존율에서 흑색 200g, 황색 240g이 각각 94.8%, 94.5%로 높았고 다른 차광재 처리에서는 63% 정도였다. 다른 차광재에서 생존율이 낮았던 이유는 강우 시 하부로 유입되는 강수량이 많아 병 발생과 하계 높은 광 및 온도 등에 의한 장애로 인해 생존율이 크게 저하 된 것으로 사료되었다.

표 16. 차광자재 종류별 지상부 중간 생육(2년근)(조사시기 : 7월 11일, 이식 : 5월 13일)

차광자재	출아시 (월/일)	경직경 (mm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	SPAD
흑색200g	5/23	2.1a	6.6a	6.7a	3.2a	30.0
Gintec	5/21	2.0a	6.4a	7.1a	3.4a	30.3
은박지	5/21	1.9a	6.9a	7.2a	3.6a	32.8
흑+청	5/21	1.8a	5.3a	6.5a	3.2a	29.8
황색240g	5/21	1.8a	6.0a	7.0a	3.4a	35.3

표 17. 차광자재 종류별 2년근 지하부 생육(조사시기 : 10월 10일)

차광자재	근직경 (mm)	근장 (cm)	근중 (g/주)	적변 <sup>‡</sup>	근부 <sup>‡</sup>	생존율 (%)
흑색200g	8.4a	12.1a	3.2a	1.0	0.3	94.8a
Gintec	8.3a	11.1a	3.1a	1.5	0.1	64.7b
은박지	7.3a	12.0a	2.3a	1.2	0.1	63.2b
흑+청	7.6a	11.4a	2.9a	1.3	0.1	63.2b
황색240g	8.7a	12.7a	3.2a	1.3	0.0	94.5b

DMRT 5%

<sup>‡</sup>0 : 무발생, 1 : 발생 1% 미만, 3 : 1~10%, 5 : 11~25%, 7 : 26~40%, 9 : 41% 이상

#### (4) 4차 차광재 선발 시험

##### (가) 차광재별 미기상

4차 차광재 선발 시험 차광재의 주요 특성은 표 19.와 같았다. 4차 차광재 선발에서는 3차 시험에서 선발한 흑색 200g, 황색 240g 외에 같은 재질의 차광재로 적색 200g, 청색 200g을 추가하여 처리하여 시험을 실시하였다. 식물은 주로 450nm의 청색광과 660nm 적색광의 빛을 받아 들여 광합성에 유효하게 사용하고 있다. 인삼재배 분야에서도 많이 사용하는 차광재 중 청색계열이 많기 때문에 다양한 광환경을 조성할 수 있는 차광재를 설치하여 시험을 하였다.

광폭해가림시설 내 미기상 환경은 표 20. ~ 25.와 같았다. 시설 내 미기상 중 기온은 흑색차광망이 다른 차광재에 비해 낮은 경향이었고 특히 연중 기온이 가장 높은 시기인 7월 ~ 8월 상순 기간 동안에도 다른 차광재에 비해 평균 1℃ 낮게 유지되는 경향이였다. 흑색차광망은 기본적으로 광환경 조성에서 빛의 전 파장을 차단하는 경향이 있으므로 투광량을 낮추는 자재로 적합하다고 볼 수 있었다. 투광량은 계절적으로 차이가 있었지만 봄에는 적색차광망에서 유입

광량이 높았고 가을에는 황색차광망에서 광량이 높은 경향이였다.

적외선 열화상분석(그림 36.)에서도 자재내부의 온도는 흑색차광망이 41.4℃로 다른 차광재에 비해 약 2 ~ 7℃ 더 낮았고 지표면의 온도도 가장 낮았다.

표 18. 차광자재별 주요 특성

구분	차광망 규격
	90% Shade Cloth ( Mono+Tape, 200g/m <sup>2</sup> ), 흑색
	90% Shade Cloth ( Mono+Tape, 240g/m <sup>2</sup> ), 황색
	90% Shade Cloth ( Mono+Tape, 200g/m <sup>2</sup> ), 적색
	90% Shade Cloth ( Mono+Tape, 200g/m <sup>2</sup> ), 청색



그림 40. 4차 차광재 선발시험 설치 전경

표 19. 5월 차광자재 종류별 재배 환경(조사시기 : 2017년 5월 1일 ~ 5월 30일)

5월	차광 자재	온도(°C)			상대습도 (%)	광량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	누수량 (mm)
		평균	최고	최저			
상순	흑색	16.8±5.6	24.0±3.8	9.2±3.0	46.5±22.0	61.0± 82.2	0.5
	황색	17.7±5.8	25.3±4.2	10.5±3.2	46.3±21.7	80.5±109.9	0.4
	적색	17.4±6.1	25.3±4.4	9.2±3.1	44.0±20.8	89.5±126.5	0.6
	청색	17.4±5.9	25.3±4.2	9.5±2.9	50.3±22.1	57.9± 82.4	0.7
중순	흑색	17.1±5.3	24.7±3.2	10.4±1.6	57.5±21.5	66.4± 91.0	1.4
	황색	17.9±5.6	26.1±1.7	10.9±1.7	57.6±20.8	86.8±113.8	1.4
	적색	17.7±5.9	26.4±3.6	10.3±1.7	54.5±20.1	97.7±133.7	0.9
	청색	17.8±5.9	26.5±3.5	10.7±1.6	60.9±21.5	64.2± 21.5	0.9
하순	흑색	18.9±5.9	26.8±3.5	11.5±2.5	55.8±18.5	74.7±100.7	0.7
	황색	19.8±6.1	28.3±3.5	12.2±2.5	55.6±18.1	97.8±122.8	1.0
	적색	19.5±6.3	28.2±3.6	11.6±2.5	52.6±17.5	107.1±138.7	0.9
	청색	19.8±6.3	28.6±3.5	11.9±2.5	58.6±18.9	70.2± 94.3	0.9

표 20. 6월 차광자재 종류별 재배 환경(조사시기 : 2017년 6월 1일 ~ 6월 30일)

6월	차광 자재	온도(°C)			상대습도 (%)	광량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	누수량 (mm)
		평균	최고	최저			
상순	흑색	18.6±4.8	25.5±2.9	12.2±2.3	62.4±20.6	70.2±103.4	5.4
	황색	18.5±4.9	25.8±3.2	11.9±2.3	56.3±19.4	89.9±119.6	3.5
	적색	19.2±5.1	26.6±3.2	12.5±2.3	58.3±20.3	102.0±141.1	5.5
	청색	18.7±5.2	26.2±3.3	12.0±2.3	58.2±20.6	65.8± 95.2	5.5
중순	흑색	20.9±6.2	29.2±2.9	12.9±2.8	60.5±16.8	86.2±111.7	0.2
	황색	20.9±6.3	29.5±2.9	12.7±2.8	54.5±15.4	105.7±122.5	0
	적색	21.6±6.4	30.3±2.9	13.2±2.8	56.4±16.4	120.0±146.2	0.2
	청색	21.1±6.4	29.8±2.9	12.7±2.8	55.9±16.5	78.5± 98.4	0
하순	흑색	23.9±4.7	31.1±1.9	17.7±1.3	68.4±16.8	76.7± 91.9	3.7
	황색	23.9±4.9	31.6±2.2	17.5±1.3	62.1±15.8	94.9±118.0	2.8
	적색	24.5±4.9	32.5±2.2	18.1±1.3	63.9±16.7	104.8±135.0	3.5
	청색	23.9±4.9	31.8±2.2	17.6±1.3	63.9±16.8	69.3± 90.4	3.6



표 21. 7월 차광자재 종류별 재배 환경(조사시기 : 2017년 7월 1일 ~ 7월 31일)

7월	차광 자재	온도(°C)			상대습도 (%)	광량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강수량 (mm)
		평균	최고	최저			
상순	흑색	24.8±2.5	28.9±2.3	22.0±0.9	91.8±10.6	48.0±68.8	78.8
	황색	24.6±2.6	28.8±2.5	21.7±0.9	86.2±10.9	53.0±81.6	206.7
	적색	25.2±2.7	29.4±2.6	22.3±0.9	87.3±11.0	59.8±96.8	77.5
	청색	24.6±2.6	28.8±2.5	21.8±0.9	89.1±11.9	40.6±67.1	190.8
중순	흑색	25.3±3.7	31.1±2.7	21.2±1.0	-	86.2±145.8	81.9
	황색	25.4±3.9	31.4±3.1	21.3±1.1	-	65.3±89.3	38.6
	적색	25.7±4.0	32.0±3.3	21.4±1.0	-	75.6±109.2	23.5
	청색	25.4±3.9	31.7±3.3	21.3±1.1	-	51.0±75.9	28.2
하순	흑색	24.5±3.1	28.4±3.1	21.2±2.6	87.8±13.9	47.1±86.2	34.2
	황색	29.2±1.6	29.7±1.2	28.7±2.2	90.7± 3.1	81.8±16.0	0
	적색	24.8±3.3	28.9±3.2	21.4±2.6	83.3±13.1	53.1±93.6	30.8
	청색	25.1±3.2	29.1±3.2	21.8±2.5	89.3±13.4	38.2±75.1	75.1

표 22. 8월 차광자재 종류별 재배 환경(조사시기 : 2017년 8월 1일 ~ 8월 31일)

순별	차광 자재	온도(°C)			상대습도 (%)	광량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	누수량 (mm)
		평균	최고	최저			
8월 상순	흑색	25.9±3.6	30.4±3.8	22.0±1.1	82.5±13.6	62.0±94.3	25.4
	황색	26.6±3.7	31.5±4.0	22.6±1.1	81.8±13.2	66.2±94.3	30.2
	적색	26.3±3.9	31.4±4.2	22.1±1.1	78.2±12.6	78.8±118.3	23.8
	청색	26.5±3.8	31.3±4.1	22.4±1.1	84.3±13.2	54.2±86.8	23.2
8월 중순	흑색	22.8±2.3	26.3±2.4	20.2±0.7	-	44.1±67.8	10.5
	황색	23.5±2.4	27.1±2.4	20.8±0.7	-	42.9±67.7	6.3
	적색	23.1±2.5	26.9±2.6	20.3±0.7	-	48.9±81.5	10.2
	청색	23.4±2.4	27.1±2.5	20.6±0.7	-	32.2±53.1	10.1
8월 하순	흑색	22.4±4.5	28.2±2.7	17.7±4.2	78.4±17.8	54.5±73.7	20.6
	황색	23.2±4.7	29.2±2.8	18.2±4.3	77.4±17.9	105.1±194.7	73.0
	적색	22.8±4.8	29.1±2.9	17.9±4.3	74.5±16.9	66.3±98.1	16.7
	청색	23.1±4.7	29.2±2.8	18.3±4.2	79.9±17.5	42.3±62.9	26.2

표 23. 9월 차광자재 종류별 재배 환경(조사시기 : 2017년 9월 1일 ~ 9월 30일)

9월	차광 자재	온도(°C)			상대습도 (%)	광량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강수량 (mm)
		평균	최고	최저			
상순	흑색	19.3±4.3	26.1±1.6	14.1±2.1	75.9±15.6	50.8±69.9	0.2
	황색	20.1±4.5	27.1±1.5	14.5±2.1	75.1±15.9	134.5±232.0	2.1
	적색	19.7±4.5	26.8±1.7	14.1±2.1	72.2±14.7	64.4±93.0	0.2
	청색	20.0±4.4	26.8±1.6	14.6±2.0	77.6±15.3	39.1±56.6	0.4
중순	흑색	18.4±4.1	24.9±1.8	13.2±1.6	-	46.2±63.7	22.0
	황색	19.3±4.3	26.1±1.9	13.6±1.6	-	120.5±209.8	13.4
	적색	18.8±4.3	25.7±2.0	13.2±1.6	-	60.3±85.8	18.6
	청색	19.1±4.2	25.9±2.0	13.6±1.5	-	34.1±48.1	18.9
하순	흑색	16.6±4.9	23.7±2.8	10.8±3.1	72.6±18.0	41.5±57.8	7.5
	황색	17.3±5.0	24.4±2.8	11.4±3.2	72.2±17.5	75.4±113.0	14.4
	적색	16.9±5.1	22.2±7.9	9.9±4.5	69.1±16.6	51.9±72.5	6.7
	청색	17.2±5.1	24.5±2.9	11.4±3.2	74.2±17.7	28.7±39.2	6.3

표 24. 10월 차광자재 종류별 재배 환경(조사시기 : 2017년 10월 1일 ~ 10월 30일)

10월	차광 자재	온도(°C)			상대습도 (%)	광량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강수량 (mm)
		평균	최고	최저			
상순	흑색	16.8±3.5	22.0±2.8	12.8±1.4	77.9±12.3	35.4±54.6	5.0
	황색	17.4±3.6	22.8±2.7	13.4±1.4	78.2±11.8	66.3±97.6	5.3
	적색	17.0±3.7	22.6±2.8	12.8±1.5	75.2±11.3	39.8±62.4	4.4
	청색	17.3±3.6	22.7±2.8	13.2±1.4	80.6±11.9	23.3±34.6	4.2
중순	흑색	13.4±3.6	18.7±2.3	9.14±2.4	-	28.3±44.9	2.2
	황색	14.0±3.7	19.5±2.2	9.6±2.5	-	51.4±80.6	6.9
	적색	13.6±3.8	19.4±2.4	9.2±2.5	-	32.9±52.0	1.4
	청색	13.9±3.7	19.5±2.4	9.6±2.4	-	18.0±27.2	1.7
하순	흑색	12.6±4.6	20.4±0.7	6.8±2.4	55.8±18.9	33.8±46.7	0.0
	황색	13.2±4.8	21.5±0.3	7.2±2.3	57.2±18.7	71.0±107.1	0.0
	적색	12.9±4.8	21.2±0.6	6.9±2.2	55.0±17.3	41.0±55.7	0.2
	청색	13.1±4.7	21.5±0.6	7.1±2.1	59.4±17.6	22.0±28.3	0.0

<p>흑색 200g/m<sup>2</sup></p>	<p>황색240g</p>
<p>자재온도 : 41.4℃ 지표온도 : 24.3℃</p>	<p>자재온도 : 48.3℃ 지표온도 : 24.5℃</p>
<p>적색 200g/m<sup>2</sup></p>	<p>청색 200g/m<sup>2</sup></p>
<p>자재온도 : 43.6℃ 지표온도 : 27.1℃</p>	<p>자재온도 : 44.7℃ 지표온도 : 25.6℃</p>

그림 41. 차광자재 종류별 열화상 비교 (2017.8.25. 12:00 ~ 14:00)

라. 인삼 광폭 해가림 종류별 기상 환경

인삼은 생육조건이 까다로운 편으로 온도와 광도, 습도 등이 큰 영향을 미친다. 온도의 경우 인삼의 발아 및 출아기의 최적온도는 10~15℃로, 출아기인 봄철에 0.5℃ 이하 저온에서 냉해가 유발된다. 잎이 다 자란 뒤(전엽 후)의 최적온도는 21~25℃로 이범위의 온도에서 광합성이 가장 활발하다. 25℃ 이상으로 온도가 상승할 경우 광합성이 감소하고, 30℃ 이상의 고온에서는 온도가 올라갈수록 호흡이 증가하여 물질생산이 감소하게 된다. 따라서 지하부(뿌리) 생장기인 여름철 고온기에 30℃ 이상 고온이 7일 이상 지속될 경우 고온에 의한 생리장애와 잎이 일찍 고사하는 조기낙엽 등이 발생하게 된다. 인삼생육의 최적 광도는 10,000~15,000Lux로 외부 광도의 10~15% 정도이지만 온도가 15℃ 내외일 때 30,000Lux 이상이 필요하고 온도가 20℃ 내외일 때 15,000Lux 이상, 온도가 30℃ 내외일 때 5,000Lux 이내로 알려져 있다.

(1) 광폭 및 관행시설간 환경 비교

광폭내부와 관행해가림의 미기상을 분석함으로 인삼생육환경에 적합한 지 여부를 조사하였다. 5월 평균온도에서 광폭 시설이 관행 대비 0.3도 가량 더 높게 나타났으며 일사량은 경사식 1, 2는 관행보다 5 ~ 28.9 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  더 많았다. 양지붕식은 관행과 비슷한 수준으로 조사되었고 비가 왔을 시 누수량은 관행은 발생되지 않았으나 광폭 시설은 일부 누수가 일어났다.

표 25. 처리간 5월 순별 기상

처리	5월 순별	온도(°C)			상대습도 (%)	일사량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저			
관행	상	17.3±5.3	24.2±3.9	10.2±2.8	44.4±21.1	27.1±34.3	-
	중	17.4±5.2	24.8±3.2	10.9±1.9	56.4±20.6	30.1±41.9	-
	하	19.5±5.6	27.3±3.5	12.5±2.6	54.2±16.9	34.5±57.5	-
경북식	상	17.5±5.4	24.6±3.9	10.3±2.8	44.3±20.3	33.7±45.6	0.6
	중	17.7±5.3	25.4±3.4	11.1±1.8	55.7±19.6	39.6±54.8	1.1
	하	19.8±5.7	27.9±3.6	12.5±2.5	53.2±16.1	45.7±65.3	0.9
경기식	상	17.7±5.6	25.0±4.0	10.3±2.9	46.5±21.6	54.5±71.7	0.5
	중	17.9±5.6	26.0±3.3	11.0±1.9	58.5±20.9	57.5±77.5	1.1
	하	20.0±5.9	27.9±3.5	12.6±2.6	56.4±17.5	63.4±82.9	0.7
양지붕식	상	17.5±5.8	24.9±4.0	9.9±2.9	44.7±21.3	29.2±43.8	0.6
	중	17.7±5.8	26.2±3.4	10.9±1.9	56.4±20.6	33.4±48.3	1.1
	하	19.7±6.0	28.0±3.4	12.3±2.6	54.3±16.9	37.1±50.9	0.9

6월 기상을 비교하였을 때 평균온도에서 광폭 시설은 관행보다 0.1 ~ 0.3도 내외로 더 높고, 최고온도도 0.1 ~ 0.3도 더 높은 경향을 보였으며 일사량 또한 광폭 시설이 8.7 ~ 36.9 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  더 높았다. 시설 유형별로는 경기식, 양지붕식, 경북식 순으로 나타났다. 누수량의 경우 경북식>양지붕식>경기식>관행 순이었다.

표 26. 처리간 6월 순별 기상

처리	시기	온도(°C)			상대습도 (%)	일사량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저			
관행	상	18.7±4.8	25.8±3.2	12.4±2.2	57.4±19.8	30.5±57.3	-
	중	21.3±6.1	29.5±2.7	13.3±2.8	54.6±15.5	35.8±54.4	-
	하	24.1±4.9	31.6±1.9	17.9±1.6	62.7±16.6	33.8±42.1	-
경북식	상	18.9±4.8	26.1±3.3	12.7±2.1	56.7±19.1	39.2±52.6	7.1
	중	21.5±6.2	30.0±3.1	13.5±2.8	53.8±14.7	49.2±64.1	0.2
	하	24.2±4.8	31.6±1.9	18.0±1.1	62.4±15.9	45.2±56.5	3.8
경기식	상	19.0±4.8	26.1±3.1	12.6±2.1	59.9±20.1	62.3±94.6	5.0
	중	21.6±6.2	29.9±3.0	13.5±2.8	57.0±16.0	72.7±91.3	0.2
	하	24.4±4.9	31.8±1.9	18.1±1.2	65.4±16.9	69.4±80.7	2.7
양지붕식	상	18.8±4.9	25.9±3.3	12.3±2.1	58.8±19.7	58.8±51.8	6.6
	중	21.3±6.3	29.9±2.9	13.2±2.8	55.6±15.5	43.4±57.2	0.2
	하	24.1±4.9	31.8±1.9	17.8±1.2	63.6±16.6	37.9±51.3	3.4

7월 기상의 경우 평균온도에서 관행과 광폭 시설은 비슷한 경향을 보였고, 최고온도에서는 7월 상순은 모든 시설 유형이 비슷한 경향을 보였지만, 중·하순에는 관행이 0.4도 더 높았으며 일사량은 관행보다 광폭 시설이 0.5 ~ 28.5  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  더 높았고, 양지붕식 시설은 7월 하순에 관행 보다 2.3  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  낮았다. 강수량은 경북식, 양지붕식, 경기식, 관행 순으로 많았다.

표 27. 처리간 7월 순별 기상

처리	시기	온도(°C)			상대습도 (%)	일사량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저			
관행	상	24.9±2.7	29.3±2.5	21.9±0.9	86.8±11.5	22.2±29.4	0.8
	중	25.5±3.9	31.7±3.0	21.3±1.1	25.5±14.3	25.7±33.2	0.2
	하	25.0±3.3	29.1±3.5	21.6±2.5	84.7±14.1	21.6±40.2	0.2
경북식	상	24.9±2.7	29.3±2.7	22.0±0.9	87.2±11.4	26.6±41.2	85.4
	중	25.7±3.9	32.3±3.1	21.6±1.0	25.7±14.0	36.0±49.9	26.3
	하	25.1±3.2	29.3±3.5	21.9±2.4	84.6±13.8	25.2±46.5	32.9
경기식	상	25.2±2.7	29.6±2.5	22.1±0.9	89.0±11.4	44.6±60.8	75.3
	중	25.9±3.9	32.2±2.8	21.7±1.0	25.9±14.2	54.2±6.9	22.5
	하	25.3±3.3	29.5±3.4	21.9±2.5	86.9±13.9	43.2±72.2	27.2
양지붕식	상	24.9±2.8	29.3±2.7	21.9±1.0	88.2±11.6	22.5±36.3	77.7
	중	25.7±4.1	32.2±3.0	21.4±1.0	25.7±14.2	29.4±44.3	23.1
	하	25.1±3.4	29.5±3.5	21.6±2.5	86.7±13.9	19.3±34.5	29.1



8월 평균온도는 관행과 광폭 시설 유형별 0.1도 내외로 유사하였고, 최고 온도에서는 경북식, 관행이 비슷하였고, 경기식와 양지붕식은 0.4도 더 높았다. 일사량에서는 관행과 비교하여 3.3 ~ 25.8  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  더 많았으며, 경기식, 경북식, 양지붕식, 관행 순이었고 강수량은 경북식, 양지붕식, 경기식, 관행 순으로 많은 것으로 나타났다.

표 28. 처리간 8월 순별 기상

처리	8월 순별	온도(°C)			상대습도 (%)	일사량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저			
관행	상	26.5±3.9	31.6±4.1	22.2±1.1	78.8±13.6	25.3±44.7	0.6
	중	23.3±2.6	27.1±2.6	20.4±0.8	23.3±10.2	21.2±33.0	0
	하	23.0±4.6	29.4±2.7	18.1±4.1	74.8±17.8	21.8±28.1	0
경북식	상	26.6±3.9	31.9±4.2	22.5±1.1	79.0±13.5	36.2±59.6	28.3
	중	23.3±2.4	27.2±2.7	20.7±0.7	23.3± 9.7	24.5±41.4	14.6
	하	23.0±4.5	29.3±2.6	18.4±4.0	75.0±17.3	31.2±43.9	19.9
경기식	상	26.8±3.9	32.0±4.1	22.6±1.1	81.2±13.7	51.2±70.4	22.4
	중	23.5±2.5	27.5±2.6	20.8±0.8	23.5±10.0	39.8±5.7	10.2
	하	23.2±4.6	29.4±2.6	18.4±4.1	77.1±17.5	48.8±63.8	15.9
양지붕식	상	26.6±4.1	32.1±4.4	22.3±1.1	80.5±14.3	28.4±44.3	25.6
	중	23.3±2.6	27.4±2.7	20.5±0.7	23.3±10.0	18.0±30.2	12.3
	하	23.1±4.7	29.6±2.6	18.2±4.1	76.4±17.4	25.8±40.9	16.5

9월 평균온도에서는 관행 보다 광폭 시설들이 0.3도 이상 높았으며 일사량에서는 관행 보다 2 배이상 높은 9.2~ 61.7  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  더 많았으며, 경기식, 경북식, 양지붕식 순이었다. 강수량은 경북식, 양지붕식, 경기식 순으로 높았다.

표 29. 처리간 9월 순별 기상

처리	9월 순별	온도(°C)			상대습도 (%)	일사량 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저			
관행	상	19.9±4.4	27.1±1.7	14.5±2.0	72.8±15.8	19.4±25.2	0
	중	19.1±4.0	25.9±2.0	13.8±1.6	19.1±16.7	16.5±21.7	1.2
	하	17.2±4.9	24.5±2.7	11.4±3.0	70.0±17.6	15.2±19.5	0
경북식	상	20.2±4.3	27.5±1.8	14.9±2.0	71.6±14.9	29.6±41.9	0.6
	중	19.4±4.0	26.0±2.0	14.2±1.5	19.4±15.9	25.7±38.3	22.1
	하	17.5±4.9	24.7±2.9	11.8±2.9	68.8±16.9	22.9±33.0	6.8
경기식	상	20.3±4.4	27.5±1.8	14.8±2.0	74.5±15.8	44.1±58.4	0.2
	중	19.4±4.0	26.0±1.8	14.2±1.6	19.4±16.5	39.2±64.9	19.2
	하	17.6±5.1	24.9±2.9	11.7±3.0	71.7±18.0	76.9±149.6	6
양지붕식	상	20.2±4.7	27.8±2.1	14.6±2.0	72.7±15.5	26.3±40.0	0.4
	중	19.3±4.3	26.5±2.1	13.8±1.6	19.3±16.2	24.6±39.8	21.3
	하	17.5±5.3	25.3±3.1	11.5±2.9	69.6±17.4	24.6±46.7	6.3

10월 온도에서 경북식, 경기식은 관행보다 0.2 ~ 0.4도 더 높았고, 양지붕식은 관행과 비슷한 경향을 보였고 일사량에서는 경사기식, 양지붕식, 경북식, 관행 순으로 많았으며, 특히 경기식이 관행보다 3배 이상 더 많았다.

표 30. 처리간 10월 순별 기상

처리	10월 순별	온도(°C)			상대습도 (%)	일사량 (μmol/m <sup>2</sup> /s)	강(누)수량 (mm)
		평균	최고	최저			
관행	상	17.3±3.6	22.8±2.8	13.2±1.5	75.7±12.4	14.6±19.9	0.4
	중	13.9±3.5	19.4±2.4	9.6±2.4	13.9±15.1	11.1±16.5	0
	하	13.2±4.5	21.3±0.7	7.8±2.4	54.8±18.2	12.4±15.3	0
경북식	상	17.5±3.6	23.0±3.0	13.5±1.5	74.8±11.7	19.3±29.9	7.2
	중	14.1±3.5	19.6±2.4	9.9±2.3	14.1±14.5	15.6±26.4	1.9
	하	13.5±4.5	21.9±0.6	8.0±2.3	54.4±17.1	18.4±28.8	0
경기식	상	17.7±3.7	23.2±2.9	13.6±1.4	77.4±12.2	56.6±94.3	8.1
	중	14.2±3.6	19.7±2.4	9.8±2.3	14.2±15.1	42.4±67.4	2.2
	하	13.5±4.6	21.9±0.6	7.9±2.3	56.9±18.3	45.7±61.3	0
양지붕식	상	17.5±3.8	23.4±3.1	13.2±1.4	76.0±11.8	19.8±46.3	6.1
	중	14.1±3.8	20.4±2.9	9.6±2.3	14.1±14.9	20.2±65.2	1.7
	하	13.4±4.9	22.2±0.8	7.5±2.1	55.5±17.0	20.7±39.2	0

(2) 방수율 조사

인삼 재배에서 가장 중요한 부분 중의 하나가 병해충 방제이다. 인삼은 잎과 줄기가 한 번만 발생하므로 병해충에 의한 피해를 받을 경우 재생되는 부위가 없기 때문에 직접적인 수량 손실로 이어진다. 그러므로 병해충 방제가 대단히 중요한 작물임에 따라 강우에 노출되지 않도록 관리할 필요가 있다. 그러므로 광폭해가림 시설에서 누수가 발생한다면 다른 조건이 아무리 좋더라도 큰 피해를 초래할 수 밖에 없다. 비가림 효과만 별도로 조사하였을 때 관행과 경북식의 경우 거의 누수가 발생하지 않아 방수율이 99% 이상으로 나타났고 양지붕식과 경기식의 경우 98% 이상의 방수율을 보여 충분히 비가림 효과가 있는 것으로 조사되었다.

표 31. 해가림 시설 종류별 방수효과

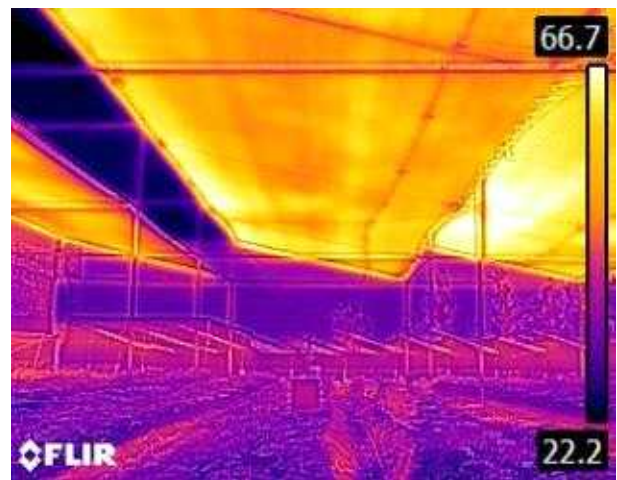
일자	강우량(mm)				
	경북식	경기식	양지붕식	관행	노지
04월 04일	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0
04월 05일	0.1	1.3	1.2	0.0	19.0
04월 06일	0.0	0.7	0.7	0.0	16.5
05월 01일	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
05월 02일	0.0	0.0	0.0	0.0	33.0
05월 03일	0.0	0.1	0.1	0.0	2.5
05월 12일	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0
05월 13일	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5
06월 05일	0.0	0.0	0.0	0.1	2.5
계	0.1	2.1	1.9	0.1	128.5
방수율	99.9	98.4	98.5	99.9	-

(3) 열화상 이미지 분석에 의한 온도분포 조사

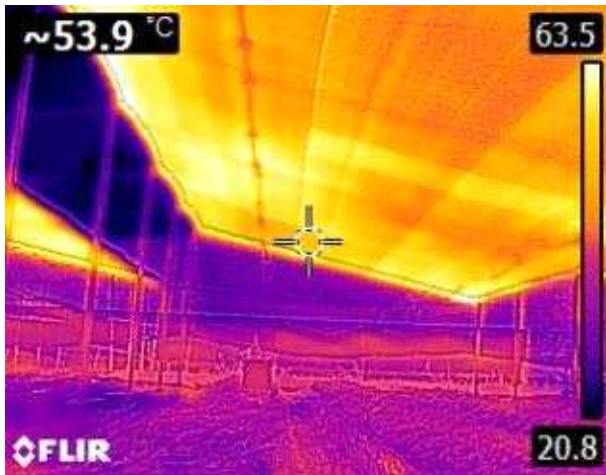
열화상 이미지 분석 결과, 해가림 구조내 가장 낮은 온도는 지면부분으로 관행, 경기식, 경북식, 양지붕식 순이었으며, 온도차이는 5.7℃ 정도였다. 해가림 시설내 가장 높은 부분은 차광자재 부분이었으며, 경북식, 경기식, 관행, 양지붕식 순으로 높았고, 온도차이는 9.3℃ 였다. 관행에 비해 광폭시설에서 해가림 부분의 온도가 높게 나타났지만 구조물이 높게 설치되어 식물체와는 상당한 거리가 있어 생육에 지장을 초래할 정도는 아니었으며 생육부위의 온도는 서로 비슷하였다. 그러므로 광폭해가림내 재배시 온도상승에 의한 피해는 나타나지 않을 것으로 추정된다.



관행 해가림



경북식



경기식



양지붕식

그림 42. 해가림 유형별 적외선 열화상 이미지(조사일 : 2017. 8. 3. 2:00 ~3:00)

마. 처리간 생육특성 및 토양화학성

(1) 지상부 생육

지상부 생육은 3년근의 경우 관행에 비해 광폭해가림에서 초장과 경직경이 조금 더 우수한 경향으로 나타났으나 4년근에서는 뚜렷한 경향치를 보이지 않았다. 다른 요인들 또한 광폭해가림에서 근사하게 우수한 경향이였다. 따라서 생육환경은 관행과 광폭해가림은 거의 차이가 없어 인삼 재배에 적합한 것으로 판단된다.

표 32. 2017년 지상부 생육

처리내용	경직경 (mm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	SPAD
경복식	2.9	11.6	7.8	3.5	26.0
경기식	2.7	10.6	7.2	3.3	22.7
양지봉식	2.6	11.3	7.7	3.3	19.5
관행	2.8	10.7	6.6	3.0	35.5

표 33. 2018년 지상부 생육

처리내용	생육				
	경직경 (mm)	경장 (cm)	엽병장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
경복식	4.6 a	16.7 a	6.7 a	9.6 a	3.8 a
경기식	4.3 a	11.7 b	6.4 a	8.3 a	3.7 a
양지봉식	3.4 a	13.4 b	5.9 a	7.5 a	3.0 a
관행	3.4 a	21.8 a	6.5 a	9.8 a	4.2 a

표 34. 2019년 지상부 생육

처리내용	초장 (cm)	경직경 (mm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	SPAD
경복식	45.5	5.1	26.6	12.3	5.1	20.1
경기식	48.6	4.6	28.0	12.6	5.0	29.9
양지봉식	43.1	5.1	21.7	11.2	5.0	27.4
관행해가림	39.6	4.0	20.3	10.6	4.8	24.4

(2) 지하부 생육

처리간 지하부 생육은 관행에 비해 광폭이 다소 우수한 편이었는데 2017년의 경우 양지붕식의 경우 근장이 19.2cm으로 관행 16.1cm에 비해 우수한 생육을 보였으며 지근수 또한 14.3개로 많은 경향을 보였다. 2018년 4년근의 경우 근장은 경사식에서 가장 우수하였고 지근수 또한 많은 것으로 나타났다. 그러나 관행은 근직경이 굵은 경향으로 근중이 다른 처리에 비해 우수한 경향이였다. 5년근인 2019년은 경복식이 근장이 길고 직경이 굵어 가장 우수한 수량성을 보였다. 또한 모든 광폭처리에서 적변현상이 관행에 비해 적게 발생하여 상품성 또한 우수한 것으로 판단된다.

표 35. 2017년 지하부 생육(3년근)

구 분	근장 (cm)	주근길이 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g)	적변정도 (1~9)	지근수 (N)
관행	16.1	6.8	11.1	8.0	5.0	9.9
경복식	20.1	5.5	11.6	8.4	1.7	16.3
경기식	21.2	5.7	11.4	8.6	2.2	18.7
양지붕식	19.2	5.0	11.8	7.9	1.0	14.3

표 36. 2018년 지하부 생육(4년근)

구 분	근장 (cm)	주근길이 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g)	적변정도 (1~9)	지근수 (N)
관행	16.6b	4.5	16.4a	15.6a	4.3	21.0
경복식	26.6a	6.7	14.7a	13.2a	5.0	20.7
경기식	26.7a	3.0	16.2a	13.1a	3.0	24.0
양지붕식	17.0b	5.8	12.8b	8.4b	5.0	18.3

표 37. 2019년 지하부 생육(5년근)

처 리	근 장 (cm)	동 장 (cm)	근직경 (mm)	지근수 (개)	적 변 (%)	근 부 (%)	근중 (g)	수량 (kg/10a)
관행	19.0	5.7	16.1	3.4	4.2	0.1	19.7	219a
경복식	22.8	5.8	16.7	3.2	0.5	1.2	15.8	264a
경기식	19.0	4.4	15.2	4.3	0.7	0.8	17.6	229a
양지붕식	18.4	4.1	16.9	3.9	0.5	0.6	19.7	259a

(3) 토양화학적 변화

토양화학적분석 결과는 표 1.과 같았다. 토양관리 연수가 증가할수록 pH는 높아졌고 염류농도인 EC는 연차별로 낮아지는 경향이였다. 염류는 처리방법에 관계없이 토양관리 1년차인 인



삼 4년근 포장에서 가장 높은 경향이었는데 묘삼이식 후 연근이 증가 하면서 토양의 염류가 상승한 것도 한 요인이 될 수 있었다. 유효인산은 처리 간 및 토양관리 연차 간 차이가 없었고 칼륨은 토양관리 연수가 증가할수록 다소 증가하는 경향이었으며 마그네슘과 나트륨은 T3처리구가 0.51 ~ 0.58 cmol<sup>+</sup>/kg 정도로 T1, T2 처리 보다 낮은 경향이였다. 토양화학성에서 염류는 토양관리 연차가 경과 할수록 낮아지는 경향이어서 인삼재배에 유리하였고 산도도 적합한 범위에서 유지되었다. 이 등(1989a)은 토양의 무기태질소는 2, 3년근에서 100 ~ 200 ppm으로 현저히 증가하다였다가 4년근 75ppm, 5년근 34ppm, 6년근 25ppm으로 감소하였다고 하였고 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, Ca, Mg는 연차간변화가 적었다고 하였으나 본 시험에서도 인산은 비슷한 경향이였으나 무기태질소 중 질산태질소는 토양관리 연차가 증가될수록 함량이 감소되었다. 3, 4년근에서 질산태질소함량이 높은 것은 시간이 경과하여 토양 내 용출되는 질소의 량이 증가하였고 2, 3년근의 함량이 낮은 것은 토양관리 중 양분의 소모도가 증가하였기 때문인 것으로 보였다. 정 등(1983)은 근부병 억제토양에서 근부병 발병토양 보다 점토함량이 다소 높았고 화학성 간에는 유의적인 차이는 없었다고 하였다. 그러나 병원균의 영양원이 되는 무기태질소와 병원균 생장은 긴밀한 관계가 있으므로 질소원이 허용 범위(RDA, 2009)를 넘게 되면 근부병원균 발병을 촉진할 수 있다.

표 38. 토양화학성 변화

처리	토양관리 연차	pH (1:5)	EC (dSm <sup>+</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg	Na
				mg kg <sup>-1</sup>			cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup>			
T1	1(4년근)	5.49	0.88	399.9	6.1	87.2	0.09	0.41	0.74	0.71
	2(3년근)	5.74	1.20	236.1	4.8	80.9	0.11	0.43	0.73	0.70
	3(2년근)	5.74	0.56	193.7	11.1	79.3	0.13	0.45	0.78	0.73
	4(수단 파삭)	6.16	0.14	21.9	9.5	89.5	0.12	0.44	0.78	0.72
T2	1(4년근)	5.76	1.31	446.0	6.3	86.6	0.07	0.39	0.69	0.69
	2(3년근)	5.93	0.81	277.3	6.6	95.5	0.06	0.42	0.73	0.70
	3(2년근)	5.67	0.60	216.8	6.5	96.7	0.14	0.46	0.81	0.74
	4(수단 파삭)	6.01	0.23	19.2	9.6	112.0	0.18	0.52	0.87	0.74
T3	1(4년근)	5.49	1.85	667.9	10.8	105.6	0.12	0.42	0.65	0.54
	2(3년근)	5.64	1.07	346.5	8.9	97.7	0.10	0.44	0.62	0.51
	3(2년근)	5.68	0.64	182.9	12.3	102.8	0.13	0.46	0.69	0.56
	4(수단 파삭)	5.92	0.14	14.6	5.9	131.0	0.21	0.53	0.75	0.58

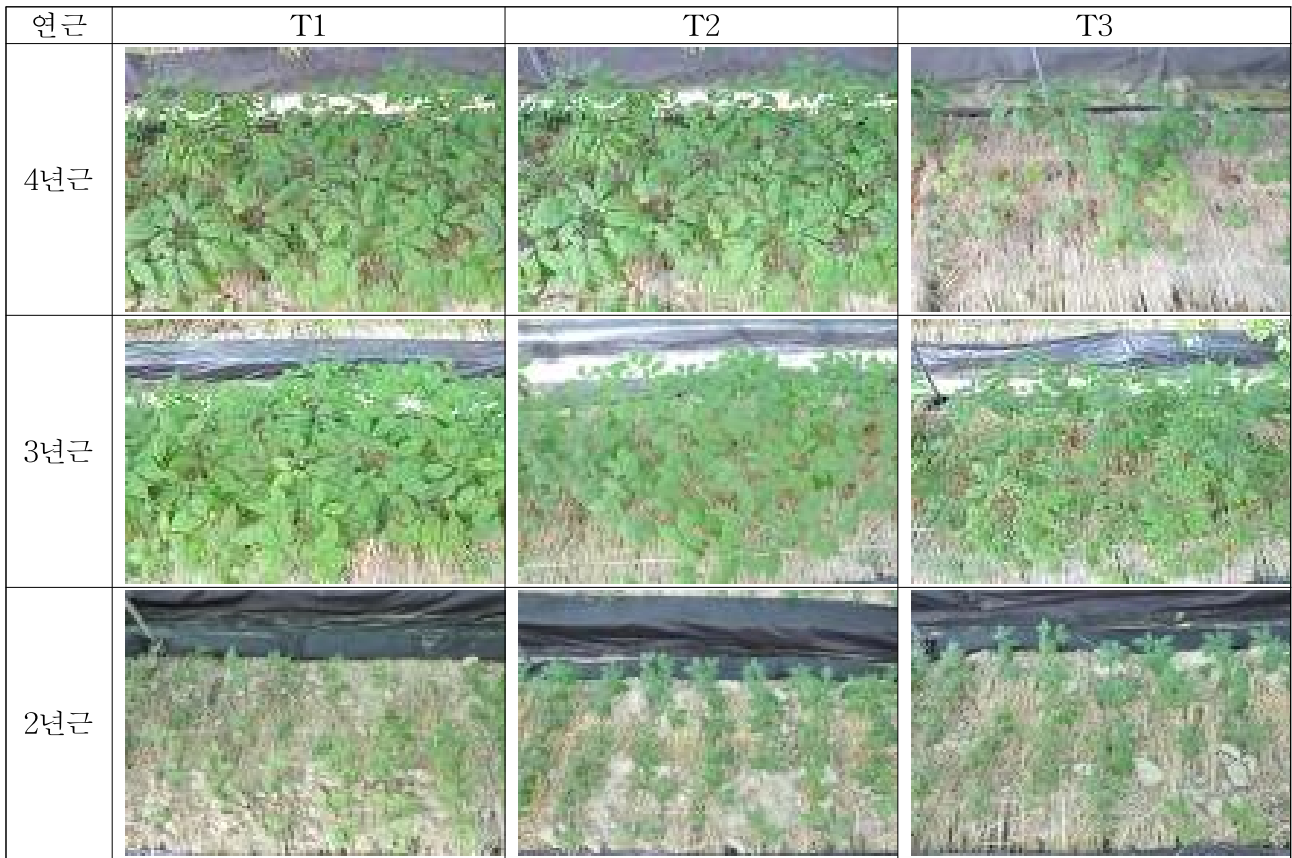


그림 43. 연근별 인삼지상부 생육

표 39. 토양관리 연차 및 처리별 인삼의 지하부 생육

토양관리 연차	연근	처리	근장 (cm)	동장 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g/주)	적변	근부	선충
1	4년근	T1	16.1b	4.8b	17.3a	16.5a	2.6	2.9	0.0
		T2	17.6b	4.8b	17.7a	18.7a	2.1	3.3	0.0
		T3	22.5a	6.6a	15.5b	19.7a	3.4	2.6	0.0
2	3년근	T1	15.5ab	4.9a	13.2b	10.3b	2.7	2.2	0.0
		T2	17.7a	4.4a	16.7a	15.0a	3.2	2.3	0.0
		T3	13.6b	4.3a	14.5ab	10.2b	3.0	2.3	0.0
3	2년근	T1	11.4a	3.7a	8.5a	2.7a	1.5	1.4	0.1
		T2	11.9a	4.3a	8.3a	3.0a	1.4	1.1	0.0
		T3	12.8a	4.1a	8.3a	2.9a	1.1	1.1	0.0

DMRT 5%, 연근별 통계처리



그림 44. 토양관리 방법에 따른 인삼 지하부 생육 비교

표 40. 토양관리 연차 및 처리별 인삼의 광합성

토양관리 연차	연근	처리	엽온도 (°C)	공기흐름속도 ( $\mu\text{mol s}^{-1}$ )	대기압력 (mBar)	엽육세포내 CO <sub>2</sub> 농도 (ppm)	증산속도 ( $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	가공전도도 ( $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	광합성량 ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )
1	4년근	T1	27.2	200.9	979.0	266.2	1.03	0.07	3.81
		T2	28.1	200.8	979.0	249.4	1.16	0.07	4.42
		T3	28.6	200.8	979.0	239.7	1.01	0.06	3.94
2	3년근	T1	29.8	200.9	979.0	250.6	1.25	0.06	3.93
		T2	29.5	200.9	979.0	253.1	1.30	0.07	4.00
		T3	28.9	200.8	979.0	250.0	1.13	0.06	3.84
3	2년근	T1	28.8	201.0	979.0	240.5	1.04	0.05	3.59
		T2	28.9	200.9	979.0	237.7	1.07	0.05	3.58
		T3	28.9	201.0	979.0	231.0	1.00	0.05	3.59

(4) 처리별 미생물 밀도 변화

인삼 수확 후 논토양 조건에서 토양관리방법에 따른 총세균, 사상균 및 근부병원균의 밀도는 표 5. ~ 표 11.과 같았다. 토양관리 1년 후 총세균은 시험 전 후 차이는 거의 없었으나 사상균은 밀도가 낮아졌다. T3 처리에서는 토양훈증제 처리 전 보다 처리 후에서 총세균 및 사상균의 밀도가 크게 낮아졌다. 토양관리 연차별로는 총세균 수는 연수가 경과하면서 다시 증가하는 하였고 사상균 수는 줄어드는 경향이였다.

일반적으로 인삼의 근부병에 관여하는 병원균으로 *Phytophthora cactorum*, *Cylindrocarpon destructans*, *Fusarium solani*, *Sc-lerotinia spp.*, *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas fluorescens* 등이 보고되고 있는데 국내에서 문제가 되고 있는 것은 *Cylindrocarpon destructans*, *Fusarium solani* 등이다. 국내에서는 인삼연초연구소에서 처음으로 *Cylindrocarpon destructans* 균을 1992

년에 분리를 하였고 조 등(1995)은 연작지에서 2년근의 근부병 발병 특성을 조사하였는데 지상부에서는 5월 24일 경 조기홍엽이 발생하고 6월 14일까지 완만히 증가하다가 7월 5일 23.6%에 달했다고 하였다. 뿌리에서는 병징이 지상부 보다 일찍인 5월 3일 경에 발생하였고 암갈색 ~ 흑색으로 부패되는 증상이었다고 하였다. 근부병에 관련된 실린드로카폰(*C. destructans*)과 푸자리움(*Fusarium solani*)의 밀도는 년차별 크게 경향성 있게 나타나지 않았지만 마지막 년차 분석시 3, 4년근의 T2 처리가 대조구에 비해 실린드로카폰은 23.1%, 푸자리움은 65.0%가 감소되었다. T3 처리구는 매년 토양훈증제를 처리해야 되므로 경제성도 낮아지고 작업성이 좋지 않아 대면적 농가현장에서의 적용은 한계가 있다고 사료되었다. 현재의 DNA 기반 핵산을 추출하여 병원균의 밀도를 측정하는 방법은 수치적으로 표현이 되어도 실제 어느 정도의 병원성이 있고 어느 정도의 밀도에서 인삼에 영향을 주는지가 불분명하기 때문에 좀 더 진전된 연구가 필요하였다.

표 41. 토양관리 1년차 미생물상 변화

처리		미생물	미생물수(c.f.u.)/건토1g당	
			총세균( $10^5$ )	사상균( $10^5$ )
시험전			64.7	39.2
시험후	T1		53.9	0.0
	T2		58.6	1.4
	T3-토양훈증제처리 전		86.1	2.1
	T3-토양훈증제처리 후		3.6	0.0

표 42. 토양관리 2년차 미생물상 변화

처리		미생물	미생물수(c.f.u.)/건토1g당	
			총세균( $10^5$ )	사상균( $10^5$ )
T1			86.9	2.8
T2			95.6	2.9
T3			98.2	1.4

표 43. 토양관리 3년차 미생물상 변화

처리	처리횟수 (회)	미생물수(c.f.u./건토g당 총세균(10 <sup>5</sup> ))
T1	1(3년근)	25.4
	2(2년근)	80.5
	3(수단그라스)	47.6
	4(벼)	28.4
T2	1(3년근)	17.1
	2(2년근)	97.8
	3(수단그라스)	47.3
	4(벼)	25.0
T3	1(3년근)	28.3
	2(2년근)	58.0
	3(수단그라스)	43.8
	4(벼)	22.1

표 44. 토양관리 1년차에 따른 *Cylindrocarpon destructans*의 밀도

처리	포자수(spores/g)
T1	12.8
T2	9.4
T3	2.6
대조(잔디밭)	0.0

표 45. 토양관리 2년차에 따른 *Cylindrocarpon destructans*의 밀도

처리	포자수(spores/g)
T1-인삼2년근	2.4
T2-인삼2년근	2.6
T3-인삼2년근	2.0
T1-수단그라스	4.6
T2-수단그라스	2.3
T3-수단그라스	2.0
T1-벼	4.4
T2-벼	3.3
T3-벼	3.1



표 46. 토양관리 3년차에 따른 *Cylindrocarpon destructans*의 밀도

처리	처리횟수 (회)	<i>C. destructans</i> 밀도 (spores/10g)
T1	1(3년근)	4.6
	2(2년근)	3.3
	3(수단파스)	2.8
	4(벼)	3.7
T2	1(3년근)	2.6
	2(2년근)	3.2
	3(수단파스)	3.3
	4(벼)	2.2
T3	1(3년근)	3.6
	2(2년근)	2.9
	3(수단파스)	2.0
	4(벼)	2.5

표 47. 토양관리에 따른 *Cylindrocarpon destructans*의 밀도

토양관리 년수	연근수	처리	밀도값(cfu/g)	
			CY	FU
1	4	T1	8.1	9.2
		T2	5.1	3.8
		T3	6.1	9.1
2	3	T1	9.2	7.7
		T2	nd	nd
		T3	7.1	8.7
3	2	T1	6.4	9.0
		T2	7.2	nd
		T3	5.5	nd

※ CY: *Cylindrocarpon destructans*, FU: *Fusarium solani*

(5) 재배유형별 병해충 발생정도

2018년의 병해충 발생양상은 고온으로 인해 병해충 발생이 전체적으로 낮은 경향이었는데 잎점무늬병의 경우 관행 5.0% 비해 양지붕식의 경우 10% 정도 발생하여 다소 높은 발생을 보였으며 줄기점무늬병 또한 5%로 다른 처리보다 높았다. 탄저병은 관행처리에서만 발생하였으며

해충은 거의 발생하지 않았다. 2019년은 여름 후기에 비가 집중되면서 병해 발생이 증가하였다. 잎점무늬병은 경사식1에서 25%의 발생을 보여 가장 높았으며 관행과 양지붕식이 12%로 가장 낮게 나타났다. 탄저병은 관행이 5%로 낮았으며 경북식, 경기식에서 10%이상의 발병을 보였다. 탄저병은 빗물에 의해 전염되는 병해로 비를 맞을 경우 발생이 심하게 되는 병해이다. 앞선 연구에서 방수율을 조사하였을 때 관행이 가장 우수한 경향을 보였고 광폭해가림은 다소 부족한 경향으로 탄저병 발생과 연관이 있을 것으로 추정된다. 그러므로 광폭은 아래위의 간격이 큰 만큼 그 공간으로 비가 누수될 확률이 있어 탄저병 발생에 어느 정도 취약할 것으로 추정된다.

표 48. 처리간 병해충 발생(2018. 6월)

구 분	잎점무늬병 (%)	줄기점무늬병 (%)	탄저병 (%)	갯빛곰팡이병 (%)	총채벌레 (마리/주)	각지벌레 (마리/주)
관행	5.0	2.0	1.0	0	0	0
경북식	3.5	2.0	0	0.5	1	0
경기식	5.0	1.0	0	0.1	0	0
양지붕식	10	5.0	0	0.5	0	0

표 49. 처리간 병해충 발생(2019, 8월)

구 분	잎점무늬병 (%)	줄기점무늬병 (%)	탄저병 (%)	갯빛곰팡이병 (%)	총채벌레 (마리/주)	각지벌레 (마리/주)
관행	12.0	5.0	5.0	1.0	0	0
경북식	25.0	8.0	15.0	0.5	0	0
경기식	15.0	5.0	12.0	0.5	0	0
양지붕식	12.0	4.0	8.0	1.0	0	0

바. 생력화 정도 조사

(1) 두둑 조성 작업방법별 생력화 정도 구명.

관리기 및 두둑조성기 모두 형성된 두둑은 높이 30cm, 폭은 110cm으로 조성되었고 비용은 10a당 60,000원이 소요되어 두 처리간 비용과 두둑형성은 차이가 없었다. 그러나 관행으로 관리를 사용 두둑 조성시 10a당 72분 정도가 소요되었으며 관리기 작업 후 다시 두둑을 인력으로 다듬는 과정이 필요하여 이 과정에 77분이 더 소요되었으며 비용은 12,830원으로 조사되었다. 두둑조성기 사용시는 55분 정도가 소요되었고 인력으로 다듬는 과정이 필요치 않아 시간과 비용의 절감이 가능하였다. 두둑 높이는 인삼의 품질에 미치는 영향이 큰데 이 등(1991)에 의하면 인삼재배시 두둑높이는 높을수록 수량이 증가하고 적변율은 감소하였으며 35cm내외의 높이가 적당하다고 하였다. 그러므로 두둑조성기로 형성되는 두둑 높이는 고품질의 인삼을 생

산하기에 적합하다고 할 수 있다.

표 50. 두둑조성기 및 관리기의 인삼 재배용 두둑 조성 시 효율 비교

구 분	두둑조성기	관리기
○ 두둑조성 인력 및 시간(10a 기준)	1인/50분	1인/80분
○ 두둑 다듬기	-	1인/160분
○ 용역비용(원/10a)	60,000	60,000
○ 두둑 높이(cm)	30 (조절가능)	30 (두둑을 더 높이려면 추가로 더 작업해야함)
○ 두둑 폭(cm)	90	90

두둑조성기는 트랙터에 부착하여 경운작업과 동시에 흙을 모아 두둑을 조성할 수 있게 제조되어 트랙터가 출입할 수 있는 공간이 있어야만 운영이 가능한 장비이다. 그러므로 두둑조성기에 의한 작업은 시간 단축은 가능하지만 대형농기계 출입이 불가능한 포장은 사용할 수 없다는 단점이 있다. 광폭해가림의 경우 구조물을 세우기 위해 중장비의 출입이 가능한 지역을 선택해야 하므로 일반적인 트랙터 출입이 가능하여 두둑조성기를 이용할 수 있을 것이다. 그러므로 광폭해가림 시설의 골주를 설치 후에도 광폭내부 공간이 충분히 넓어 트랙터를 이용하여 두둑을 조성하는 것이 가능하다. 그러므로 광폭해가림의 경우 두둑을 먼저 조성하게 되면 골주를 세우는 작업과정에서 두둑이 훼손될 우려가 있으므로 골주를 먼저 세우고 두둑조성기를 이용하여 두둑을 조성하는 것이 적합할 것이다.



그림 45. 관리기 및 두둑조성기에 의한 두둑조성작업. A: 트랙터 두둑조성기, B: 두둑조성기 부착, C: 관리기, D: 두둑조성기(좌), 관리기(우)

## (2) 피복처리방법에 따른 발아율

피복재료별 출아율은 처리간 차이가 없었으며 무피복 시 출아율이 다소 감소하는 경향을 보였다. 출현기의 경우 무피복이 가장 느렸고 왕겨 또는 벧짚과 비닐로 이중피복을 한 경우 비닐이나 벧짚의 단층 피복을 한 처리보다 출아율이 빨라지는 경향이 있었다. 또한 노 등(2003)은 피복재료에 따라 잡초 우점종이 달라지며 고년근으로 갈수록 피복한 깊이가 분해되면서 타감물질의 토양내 배출로 잡초의 발생이 어려워진다고 보고하였다. 그러므로 발아율과 그 이후의 잡초관리적인 측면을 고려할 때 비닐과 벧짚으로 이중피복을 하고 발아가 시작될 때 비닐을 제거하고 벧짚만 남겨두는 것이 장기적인 포장관리에 가장 좋은 방법이라 할 수 있다. 파종깊이별 출아율과 출아기는 처리간 차이를 보이지 않았는데 기존의 연구에 의하면 이식재배에 비해 직파재배가 적변율이 감소된다고 하였으므로(이종철, 1998) 광폭시설을 설치하고 인삼직파기를 이용하여 파종을 할 경우 노동력 절감이 가능할 것이다. 따라서, 광폭해가림 재배시 생력화를 위한 발 조성 방법은 두둑조성기로 두둑을 조성 작업을 한 후 직파기를 이용 2 ~ 6cm 정도 깊이로 파종을 하고 그 위에 흑색비닐과 벧짚을 이용하여 이중피복을 하면 우수한 묘를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

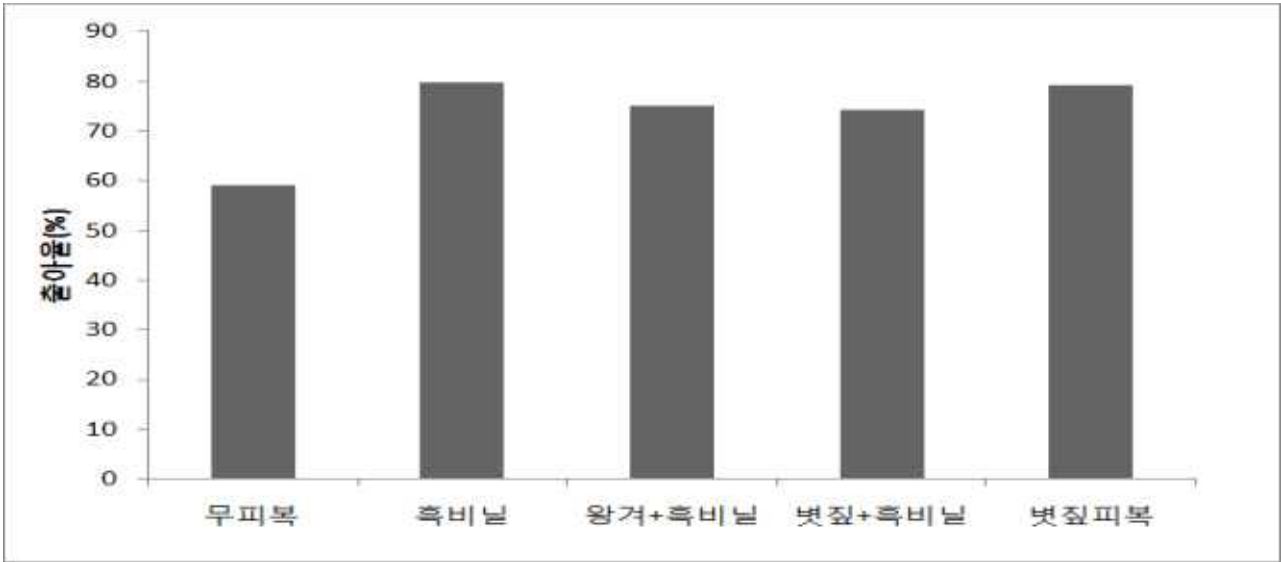


그림 46. 피복재료별 출아율

표 51. 피복재료 및 파종 깊이별 출아관련 특성

피복처리	파종깊이(cm)	출아율(%)	출현기(월,일)	모잘률병(%)
무피복	2	53.2	4.20	1.2
	4	63.2	4.29	1.1
	6	61.1	5. 2	1.0
흑비닐	2	82.1	4.13	1.3
	4	81.2	4.15	1.5
	6	76.2	4.22	1.6
왕겨+흑비닐	2	76.5	4.11	3.2
	4	77.5	4.15	2.1
	6	71.2	4.15	2.2
벗짚+흑비닐	2	78.2	4.11	9.3
	4	74.2	4.12	8.2
	6	70.3	4.17	7.2
벗짚피복	2	82.1	4.16	5.2
	4	85.1	4.22	4.3
	6	70.3	4.24	3.2

(3) 광폭 해가림 시설내 적정 재식밀도 구명

묘삼의 재식밀도별 지상부 생육은 1.62㎡ 면적 당 120주를 정식하였을 때 줄기길이와 잎 길이가 다른 처리에 비해 크게 나타나 가장 우수하였으며 출아시는 차이가 없었다. 지하부 생육 또한 지상부 생육과 동일한 경향을 으로 처리 간 차이는 없었으며 수량은 재식밀도가 높을수록 높아지는 경향이였으나 144주/1.62㎡ 처리의 경우 오히려 수량이 낮아지는 것으로 나타났다. 그러므로 생육과 수량을 같이 고려하였을 경우 120주를 정식하였을 때가 가장 적절한 재식밀도라 할 수 있다.

표 52. 묘삼 재식밀도별 지상부 생육(2016)

재식밀도 (주/1.62㎡)	출아시 (월/일)	경직경 (mm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	SPAD
80 (8×10열)	6/12	1.3	2.1	3.3	1.7	23.6
100 (10×10열)	6/11	1.3	1.7	3.6	1.7	27.7
120 (12×10열)	6/12	1.4	2.2	3.8	1.8	27.1
144 (12×12열)	6/12	1.4	2.4	3.6	1.8	27.4

표 53. 묘삼 재식밀도별 지상부 생육(2017)

재식밀도 (주/1.62㎡)	출아시 (월/일)	경직경 (mm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	SPAD
80 (8×10열)	4.17	2.4a	8.4b	6.7a	3.3a	18.9
100 (10×10열)	4.16	2.5a	8.7b	6.6a	3.2a	19.7
120 (12×10열)	4.17	2.6a	9.4c	7.2b	3.4a	17.6
144 (12×12열)	4.17	2.4a	7.9a	6.7a	3.4a	18.4

DMRT 5%

표 54. 묘삼 재식밀도별 지하부 생육(2017)

재식밀도 (주/1.62㎡)	근장 (cm)	동장 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g/주)	적변 <sup>1)</sup> (1~9)	지근수 (N)	수량 (kg/10a)
80 (8×10열)	13.1	3.9	10.2	5.1	3.1	6.2	122.4c
100 (10×10열)	12.3	3.2	10.2	4.5	1.3	6.8	129.5b
120 (12×10열)	12.4	3.6	10.2	4.8	3.8	6.5	163.9a
144 (12×12열)	13.1	3.5	11.5	4.8	2.8	7.4	120.5c



↓0 : 무발생, 1 : 발생 1% 미만, 3 : 1~10%, 5 : 11~25%, 7 : 26~40%, 9 : 41% 이상

과중밀도별 지상부 생육은 처리간 거의 차이가 없었으나 낮은 밀도에서 생육이 우수한 경향을 보였다. 지하부 생육은 처리간 차이가 없었으나 수량은 밀도가 높을수록 증가하는 경향이었으며 품질과 수량을 고려할 때 180립 처리가 가장 좋았다. 인삼 직파재배에 관한 연구로 서등(2001)은 과중밀도가 넓은 처리가 연차가 지날수록 다른 처리에 비해 지상부와 지하부 생육이 좋았다고 하며 재식밀도 6×9cm 처리시 수량성이 가장 우수하였다고 보고한 바 있어 광폭해가림 재배 또한 직파 시 밀식을 하는 것이 유리한 것으로 판단된다.

표 55. 과중밀도별 지상부 생육(2017)

과중밀도 (립/1.62m)	출아시 (월/일)	경직경 (mm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	SPAD
90	4.17	2.0	6.6	6.1	3.1	17.6
100	4.18	2.0	7.6	6.0	2.8	17.1
108	4.17	2.0	7.2	6.4	3.1	17.7
120	4.17	2.0	7.0	6.4	3.1	18.0

표 56. 과중밀도별 지하부 생육(2017)

과중밀도 (립/1.62m)	근장 (cm)	동장 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g/주)	적변 <sup>↓</sup> (1~9)	지근수 (N)	수량 (kg/10a)
90	10.5	3.7	8.6	3.4	1.6	4.8	122.4
100	9.3	3.9	8.3	3.2	2.0	4.9	132.3
108	9.0	3.4	8.6	3.1	2.9	4.3	160.6
120	9.7	4.2	8.7	3.1	1.6	5.3	152.3

↓0 : 무발생, 1 : 발생 1% 미만, 3 : 1~10%, 5 : 11~25%, 7 : 26~40%, 9 : 41% 이상

#### (4) 생력적 병해충 방제방법 확립

인삼 재배 시 해가림시설 설치가 반드시 필요한데 이 시설 때문에 여러 농작업이 방해받게 되며 그 중 가장 작업이 어려운 것 중 하나는 약제방제로 여러 골을 동시에 약제살포가 불가능하여 하나의 해가림 시설 마다 일일이 이동하여 약제를 방제하여야 하므로 인력과 시간이 많이 소요되는 작업이다. 광폭해가림 시설은 골 사이가 서로 개방되어 있으므로 방제작업의 기계화가 가능하여 노즐식무인방제기, 승용방제기를 사용하여 관행방제와 효율을 비교한 결과 살포시간의 경우 승용방제기는 관행 대비 71%, 무인방제기 96% 절감 가능하였다. 그러나 약제소요량은 관행에 비해 10% 이상 더 소요 되었다. 승용방제기의 경우 약제살포노력과 시간 절감이 가능하고 인삼 뿐 아니라 다른 작물에도 사용할 수 있는 장점이 있는 반면 사용을 위해 충

분한 진입로가 확보되어야 하고 시설 내부에서 작업시 기둥 등에 의해 공간 이동에 제약을 많이 받기에 모서리 등은 약제가 충분히 도달하지 않는 단점이 있었다. 그러므로 승용방제기는 광폭해가림용 방제기로는 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 무인방제기의 경우 시설내부에 노즐을 미리 설치하고 분무기와 공기압축기를 이용하여 한 번에 약제를 살포하는 방식을 사용하고 있어 관행방제에 비해 노즐, 전용분무기 등 초기 투자 비용이 많이 소요되어 5년 주기로 이동을 해야 하는 인삼재배의 경우 설비를 재사용하지 못함에 따라 초기투자비용이 매번 발생한다는 것과 위쪽에서 약제가 분무되므로 앞 뒷면은 약제부착이 되지 않았으며 미립자 형태로 분무를 하기 위해 미세천공을 통하여 약제를 살포하게 되므로 이물질에 의해 막힘 현상이 자주 발생하는 단점이 있었다. 또한 농가를 대상으로 설문조사 시에도 앞 뒷면에 약제가 부착되지 않아 약효에 대한 신뢰가 낮으며 자주 막히는 것을 단점으로 들어 시험과 동일한 결과를 얻을 수가 있었다.

표 57. 방제 시스템별 효율 및 장단점 비교

구 분	관행 방제	무인방제시스템	승용관리기
○ 10a당 살포시간 (소요인력)	40분 (2인)	10분 (1인, 96% 절감)	25분 (1인, 71 % 절감)
○ 살포 가능 약제	모든 약제 가능	액제, 유제 등	모든 약제 가능
○ 약제노출정도	심, 안전장비 착용필요	약제 인체 접촉 없음	마스크 등 안전장비 착용
○ 초기투입비용	-	6백만원(살포기+공기압축기) +3,000원/m <sup>2</sup>	25백만원
○ 약제 소요량	100%	110~120%	110~120%
○ 바람 영향	- 적음	- 많음	- 중간
○ 앞뒷면 약제부착	- 가능	- 부착안됨	- 일부 부착
○ 살포 높이 조절	- 가능	- 불가능	- 가능
○ 살포 접근성	- 용이	-	-진입로 필요

표 58. 농가설문조사를 통한 기존 무인방제 시스템 단점과 보완방법

단 점	보 완
1. 약액이 앞 위쪽만 도포됨. (약효가 떨어져서 농가가 사용을 꺼리는 주된 이유로 지적)	노즐 분사 시 와류를 만들어서 앞의 뒷면에도 잘 묻을 수 있도록 조정(과수원 SS기 원리 응용).
2. 노즐이 잘 막힘.	분해조립이 용이. 노즐 구멍 0.6mm이상 이면서, 청소가 용이.

이러한 단점을 보완하기 위해 노즐의 분사 방향을 상하와 좌우 조절 각도를 넓히고 바람을 불어내 와류를 형성할 수 있는 별도의 노즐을 제작하여 살포시험을 하여 부착정도를 조사한 결과 와류형성에 의해 공기의 상하 및 좌우 이동이 일어나 약제가 밑면에 부착되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이물질에 의한 노즐의 막힘 현상은 살포 후 공기압축기를 이용 고압으로 공기를 분사함으로 이물질 제거가 가능하였다. 따라서 광폭해가림 재배시설에서 무인방제시스템이 생력적으로 가장 적합한 것으로 판단된다.



그림 47. 방제 시스템별 살포전경. 좌: 무인방제기, 우: 승용관리기

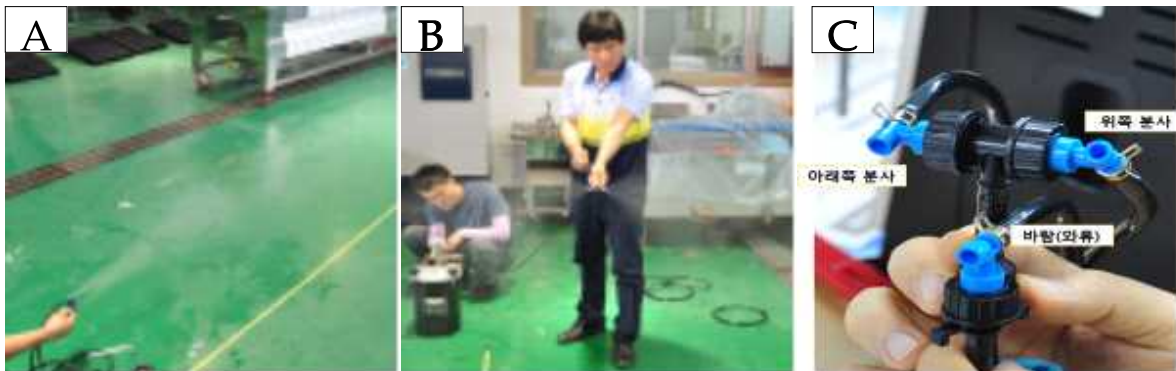


그림 48. 기존 무인방제기용 노즐 개선시험. A: 2구, 상-하 방향조절, B: 2구, 양방향 45도 분사, C: 와류발생형 노즐

무인방제시스템을 이용한 병해충방제 연구로는 파프리카를 대상으로 연무식 무인방제기, 고압식무인방제기를 사용하여 약제부착정도와 병해충의 방제효과를 조사하였을 때 모두 100% 감수지 부착률을 보여 약제부착정도는 차이가 없었으며 방제효과 또한 담배가루이, 목화진딧물, 흰가루병 등에 우수한 효과를 보였다고 하였으며(이 등, 2016), 또한 시설고추에서 고압무인방제기를 사용하여 방제효과를 검정하였을 때도 동일한 효과가 보고되어 있다(권 등, 2014). 시설의 경우 밀폐가 가능하여 약제가 외부로 비산되지 않고 고추나 파프리카의 경우 직립성 작물로 어느 정도 높이가 확보되기 때문에 약제가 공기중에 비산하면서 잎에 쉽게 부착이 될 수 있으나 인삼의 경우 이러한 조건 충족이 어렵기 때문에 약제가 앞면에만 부착하게 되므로 약제방제효과

가 낮아 이를 개선하기 위해 약제선택이 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 약제의 앞면 부착으로 뒤 쪽의 병해충까지 방제가 가능한 약제를 선발하여 광폭해가림 전용약제로 사용하면 병해충 방제의 생력화를 극대화시킬 수 있을 것이다. 약제를 앞면 처리 후 뒷면에 병원균을 접종하였을 때 테부코나졸 수화제가 가장 우수한 방제효과를 보여 주었으며 다른 약제들은 무처리와 비교 시 별 차이가 없어 앞면에만 도포될시 뒷면으로 침입하는 병해는 효과적으로 방제하지 못할 가능성이 있었다. 따라서 노즐의 보완과 적절한 약제의 선택이 이루어진다면 광폭해가림시스템에서 무인방제시스템의 방제효율을 인력방제에 준하는 수준으로 향상이 가능할 것이다.

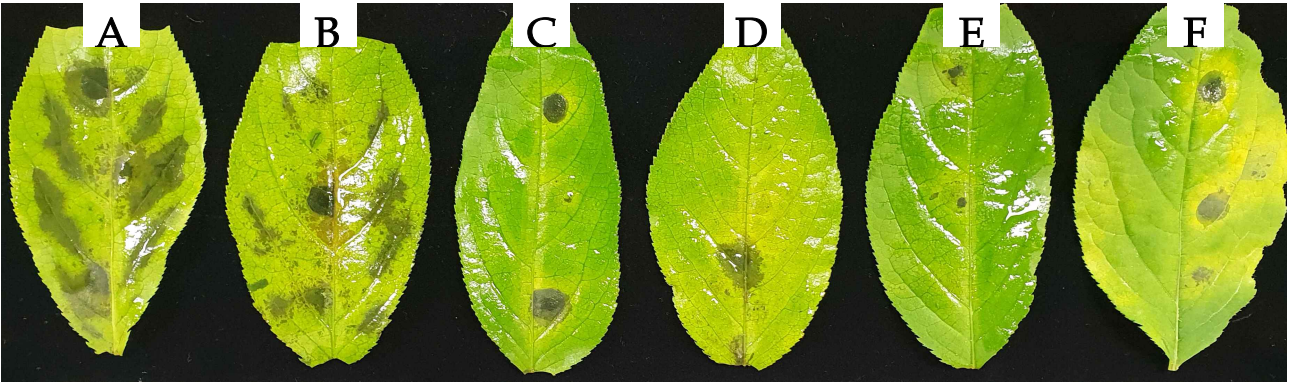


그림 49. 탄저병균 잎 뒷면 접종과 약제 윗면 처리 시 발병정도. A: 아시벤졸라-에스-메틸디티아논유제, B: 디페노코나졸이미녹타딘트리아세테이트유제, C: 피라클로스트로빈수화제, D: 트리플록시스트로빈유제, E: 테부코나졸유제, F: 무처리

2018년 무인방제와 관행방제 방법으로 약제를 처리하고 방제방법간 병해충 발생정도를 조사한 결과 처리 간 차이는 볼 수 없었으나 당해에는 비가 없고 폭염이 지속되어 병해충이 매우 낮게 발생하였기에 좀 더 발생이 심한 해를 기준으로 재조사가 필요할 것으로 판단되었다.

표 59. 방제방법간 병해충 발생정도

병해충	무인방제		관행	
	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
잎점무늬병	15	2	10	2
탄저병	0.1	0.1	0	0.1
갯빛곰팡이병	3	0	1	0
총채벌레	0	0	0	0
각지벌레	0	0	0	0

(5) 광폭 해가림 시설 내 잡초관리 생력화

광폭해가림재배 시 잡초는 바랭이가 23개체로 가장 많았으며 가는잎명아주, 민들레, 돌콩, 개망초 등이 우점종이었다. 관행해가림은 썸바귀와 개별꽃이 16개체로 가장 많았으며 깨풀, 바랭이, 민들레 등이 우점 종으로 나타나 두 시설간 발생정도의 차이가 있었다. 노 등(2002)은 우리나라 인삼의 주요재배지에서 잡초발생을 조사한 결과 두둑에서는 명아주, 여뀌, 벼룩나물, 망초 등이었고 통로는 여뀌, 벼룩나물, 명아주, 망초 등으로 보고한 바 있다. 이러한 경향으로 볼 때 광폭에서는 민들레, 개망초 등 바람에 종자가 비산되는 잡초가 우점하였는데 공간이 넓어 바람에 의해 종자가 유입될 가능성이 높아 이러한 잡초의 발생이 높을 것으로 추정된다. 잡초 방제 노력은 광폭해가림시설이 17% 노동력 절감효과가 있는 것으로 조사되었는데 관행해가림시설의 경우 작업 반경이 좁기에 잡초를 제거하기 위해 이동하는 시간에 의해 작업시간이 오래 걸려 잡초관리 측면에서도 광폭해가림시설이 유리한 것으로 나타났다.

표 60. 재배양식별 주요 초종 및 발생정도(3.3㎡내)

광폭				관행			
초종	개체수	초종	개체수	초종	개체수	초종	개체수
속새	1	클로버	1	바랭이	5	썸바귀	16
쇠뜨기	3	개망초	5	깨풀	4	개별꽃	16
쭈	3	민들레	7	밭둑외풀	2	사초	6
바랭이	23	돌콩	8	민들레	4	밭둑외풀	3
망초	1	지칭개	3	명아주	4		
가는잎명아주	15	참소리쟁이	1	별꽃	10		
썸바귀	3	쇠비름	7	개망초	2		
강아지풀	3			여뀌	2		
총 개체수	84			총 개체수	74		

※ 10a당 제초시간 : 광폭해가림 287분, 관행 346분

(6) 처리별 고온피해 발생정도(2018년)

처리별 고온피해는 7월의 경우 양지붕식이 가장 피해가 심하였고 경북식이 피해가 적었다. 고사는 관행에서는 발생하지 않았으나 나머지 처리에서는 1% 내외로 발생하였다. 고온이 지속된 8월의 경우 대부분이 고사하였는데 경북식의 경우 가장 고사율이 낮았으며 양지붕식에서 고사가 가장 많이 발생하였으며 그 다음으로 관행에서 피해가 심하였다. 고온피해 발생에 미치는 영향으로는 대기온도, 토양온도, 직사광선 노출 등을 들 수 있으며 본 시험에서 처리간 차이가 발생한 원인으로는 직사광선 노출이 가장 영향을 미친 것으로 보인다. 관행재배의 경우 오전 직사광선에 노출되는 부위는 모두 고사가 발생하였으나 광의 영향을 받지 않는 부분에서는 생존하여 발생위치의 국부적인 편차가 발생하였으나 광폭의 경우 고르게 고사현상이 발생하여 관행에 비해 직사광선 노출이 적은 것으로 판단된다.



표 61. 처리간 고온피해 정도(2018. 7. 4.)

처리	피해정도(%)				
	정상	소	중	다	고사
경북식	93.1	3.1	1.5	0.8	1.5
경기식	90.3	4.8	3.4	0.7	0.7
양지봉식	87.7	5.6	4.1	1.5	1.0
관행	94.2	2.2	3.5	0.0	0.0



그림 50. 처리간 고사정도 비교(2018. 8. 14.), \* 경사식1: 경북식, 경사식2: 경기식



그림 51. 관행(좌) 및 광폭(우)간 고사 유형



사. 경제성 분석

(1) 설치비

1,000㎡ 기준으로 설치비를 계상하였을 경우 표 와 같이 나타났다. 관행은 영주지역에서 위탁 설치비를 사용하였으며 광폭의 경우 설치공사비를 기준으로 산정하였다. 광폭의 경우 관행대비 약 6.7배 정도 초기 투자 비용이 소요되는 것으로 조사되어 상당한 비용이 소요되므로 농가의 부담이 커지게 되므로 자재의 재 사용이 필수적으로 이루어져야만 손익분기점에 다다를 것으로 판단되었다.

표 62. 설치비 비교

항목	비용(원)		
	관행(A)	광폭(B)	비율(B/A)
설치비 (재료비, 인건비, 부대비 포함)	7,500,000	50,758,000	6.7

※설치비 : 광폭; 2016년 설치공사비 기준, 관행; 영주지역 해가림 위탁설치비

(2) 제초비

제초작업의 경우 관행은 공간이 좁아 이동이 불편하므로 제초시간이 좀 더 소요되는 경향이있다. 1,000㎡를 기준으로 연간 4회 제초작업을 실시할 경우 광폭이 22%정도 노동력 절감 효과가 있었다.

표 63. 제초소요 시간 및 비용

항목	제초시간 및 비용		
	관행(A)	광폭(B)	비율(B/A)
10a당 제초시간(분)	95	75	
1,000㎡소요시간	15.8	12.5	
소요인원(명, 8시간/1인)	1.9	1.6	
연간제초횟수(회)	4	4	
인건비(원)	80,000	80,000	
연간 소요금액(원)	633,300	500,000	0.78

광폭 내에서 발생하는 주요 초종은 일반적으로 발생하는 잡초와 동일하였는데 바랭이, 명아주, 쇠비름 등이 주 초종이었다.

표 64. 광폭해가림 종류별 주요 초종

초종	개체수/0.7a					
	경북식		경기식		양지붕식	
	5월 24일	7월 6일	5월 24일	7월 6일	5월 24일	7월 6일
쇠뜨기	12	3	3			2
쭈	1	3	1		1	1
바랭이	4	23		10	2	17
망초		1	1		8	8
개망초			1	10		9
가는잎명아주	17	15	12	6	2	8
썩바귀		3				10
강아지풀		3				
클로버		1				
개망초	3	5				
민들레	6	7	5	15	5	9
돌콩	8	8	1	5		3
지칭개		3				
참소리쟁이	1	1		1	3	
쇠비름	1	7				
냉이	2				3	
밭뚝외풀	1		1			
지칭개						
바늘꽃			1			
쇠비름				2		11
계	56	83	26	49	24	78

(3) 약제방제비용

약제방제의 경우 연간 12회 살포를 기준으로 동일한 약제를 동일한 양만큼 사용한다는 가정하에 계상하였다. 약제살포 방식은 배부식 분무기를 사용하여 살포하였으며 무인방제기는 방제비용에서 제외하였다. 관행과 광폭의 살포 소요시간을 계산하여 전체 인건비를 산출하였을 때 관행은 575,000원이 소요되었으며 광폭은 425,000원으로 나타나 광폭이 관행 대비 73% 정도 인건비 절감효과가 있는 것으로 조사되었다.

표 65. 약제방제 비용

항목	약제방제 소요비용		
	관행(A)	광폭(B)	비율(B/A)
10a당 살포시간(분)	230	170	
1,000㎡소요시간	3.8	2.8	
소요인원(명, 8시간/1인)	0.47	0.35	
년간살포횟수(회)	12	12	
인건비(원)	100,000	100,000	
년간 소요금액(원)	575,000	425,000	0.73

※약제구입비용 : 처리간 차이없음

(4) 조수입

관행과 광폭의 조수입은 두 시설에서 생산된 인삼의 평균 근중과 단위면적당 생산량을 기준으로 수량을 산출하였으며 광폭의 경우 평균 30% 정도 재식면적이 증가하므로 이를 반영하여 총 수량을 계산하고 수익은 당해년 시세를 반영하여 환산하였다. 총생산액은 관행의 경우 20,822,400원으로 나타났으나 광폭은 28,641,000원으로 조사되어 약 37%의 수익증가가 예상되었다.

표 66. 조수익

항 목	조수입		
	관행(A)	광폭(B)	비율(B/A)
평균 근중(g)	24.1	25.5	
10a당 생산량(kg)	520.5	550.8	
단가(원/750g)	30,000	30,000	
총생산액(원)	20,822,400	28,641,000	1.37

※ 광폭수량 : 관행수량의 130% 계상

(5) 지출 및 수입 비교

관행과 광폭의 총 지출과 수입을 비교시 초기 설치비에서 가장 큰 차이를 보였고 그 외 비용은 광폭과 관행간 큰 차이가 없었다. 재배면적을 1,000㎡로 설정하고 손익 비교시 관행은 11백만원 정도의 수익이 예상되었으나 광폭은 약 24백만원 정도의 적자가 발생하였다. 따라서 광폭시설은 재사용이 되지 않으면 손익분기점을 넘기가 불가능한 것으로 판단된다.

표 67. 손익비교

항 목	손익비교	
	광폭	관행
지출		
설치비	52,683,000	8,708,300
인건비	50,758,000	7,500,000
재료비(농약 등)	925,000	1,208,300
재료비(농약 등)	1,000,000	1,000,000
수입		
수삼판매액	28,641,000	20,822,400
수입-지출	-24,041,400	11,114,100

(6) 광폭시설 재사용시 수입

광폭시설의 재사용을 전제로 수입을 비교하였을 때 설치비가 제외되어 28백만원 정도의 수익이 예상되었으며 관행은 재사용이 아닌 제거 후 재설치를 기준으로 하였을 때 위와 동일한 수익성을 나타내었다. 광폭시설을 연속으로 재사용 하였을 때 관행대비 수익이 높아지는 재사용횟수는 4회 이상으로 나타났다. 그러므로 광폭설치시 4회 사용을 기준으로 하였을 때 16년 정도의 사용을 고려하여 자재선택과 설계를 고려하여야 할 것이다.

표 68. 광폭재사용시 수입 비교

항 목	광폭	관행
지출총액	1,925,000	9,708,300
설치비	-	7,500,000
재료비	1,000,000	1,000,000
인건비	925,000	1,208,300
수입(판매액)	28,641,000	20,822,400
수입-지출	20,107,000	11,114,100

표 69. 광폭시설 재사용시 소득비교

재배횟수	광폭		관행	
	당해년 소득	소득 누계	당해년 소득	소득 누계
1회	-24,041,400	-24,041,400	11,114,000	11,114,000
2회	26,716,000	2,674,600	11,114,000	22,228,000
3회	26,716,000	29,390,600	11,114,000	33,342,000
4회	26,716,000	56,106,600	11,114,000	44,456,000
5회	26,716,000	82,822,600	11,114,000	55,570,000
6회	26,716,000	109,538,600	11,114,000	66,684,000

아. 광폭 해가림 설치 공정 표준화 매뉴얼 작성

광폭을 4회 이상 사용을 고려하여 초기 시공시 참고할 공정은 아래와 같다.

(1) 외곽 지주 및 자재표준화

- 지주 : 75mm\*75mm.2.9t 이상 . 높이 4.5m 철재 각 파이프 설치
- 도리,연목 : 40mm\*40mm.2.9t 이상 철재 각 파이프 설치
- 연결 방법 : 전주3.0m 후주3.0m 위치에 볼트 조임 및 와이어 설치
- 지주간의 간격 :5.8m\*5.8m
- 매설 방법 : 1m 이상 터파기후 상하 처짐 방지 및 좌우 흔들림 보강 파이프 용접후 매설

(2) 자재의 연결방법

- 지주파이프의 타공 용접 및 볼트 조임식 연결
- 고장력 볼트사용

(3) 해가림 막 설치 방법

- 전주와 전주를  $\varnothing 8\text{mm}$  이상 와이어를 2.5m 높이에 타공 후 연결, Y1열에 와이어 강도조절 용 톱니바퀴 핸드윈치 (900kg) 이상 부착 .
  - 후주와 후주를  $\varnothing 8\text{mm}$  이상 와이어를 3.5m 높이에 타공 후 연결 , Y1열에 와이어 강도조절용 톱니바퀴 핸드윈치 (900kg) 이상 부착 .
  - 전주와 후주를  $\varnothing 8\text{mm}$  이상 와이어로 전주2.5m 후주3.5m 높이에  $45^\circ$  로 아이볼트 및 J볼트를 사용한 연결 전주 하단부분에  $\frac{1}{4}$ 턴버클을 이용한 거리 간 강도조절 .
  - 전주와 후주를 각각 연결한  $\varnothing 8\text{mm}$ 수평 와이어 를 이용한 차광막 처짐 보강  $\varnothing 0.2\text{mm}$  코팅 와이어를 5.8 m 사이 2라인 추가설치 (와이어 크램프 로 고정)
  - 전주와 후주를 연결 고정한 와이어 상부에  $45^\circ$  로 차광막 끝단 보강 및 타공 위치에 수평와이어 를 이용한 고리 및 로프로 고정 .
- ★ 차광막 설치 시 배수간의 간격에 유의

(4) 기둥의 고정방법

- 지주와 지주간의 타공 부분을  $\varnothing 8\text{mm}$  와이어결속
- 외각 부분 사면 지주부분에 각각 1.5m 이상의 말목파이프 매설 와이어 결속으로 지주의 흔들림 고정
- 각 지주마다 개별  $\varnothing 8\text{mm}$  와이어 설치 와이어 크립 마감  $\frac{1}{2}$ 턴버클로 강약 조절

(5) 방풍망 설치방법

- X,Y 시작 열과 마감 열 상단에 위치한  $\varnothing 8\text{mm}$  지주보강 수평와이어에 S고리 또는 O형 고리를 이용한 결속

- 지주 보강 도리에 비닐고정용 패드를 부착하여 사철로 고정 .
- 방풍망 하단부 건취식 개폐를 위한 25.4mm 원형 파이프를 하우스 크립 으로 고정하여 체 인식 수동개폐기 설치 기상에 따라 개폐가 용이 하도록 한다

(6) 무인 방제 시설

- 높이 2.0m 지점에 지주와 지주를 지나는 와이어 로프 설치
- 결속선 및 고정 고리 로 에어포그 라인 (온도하강,농약살포 겸용라인) 설치
- 분사에 용의한 에어포그 용 노즐을 1.5m 간격 설치
- 인삼재배 망을 기준으로 설치

(7) 관수시설

- 50mm 원수용 PE 수도관을 설치
- 인삼재배 망을 기준으로 한 구간별 밸브 설치
- 인삼재배 망을 기준으로 한 라인별 라인밸브 설치
- 관주 및 영양제 투여를 위한 점적라인 설치
- 영양제 투여를 위한 별도의 액비통 설치
- 동파방지를 위한 배수밸브 설치 및 농기계 운행구간을 피해서 설치

(8) 배수 및 주변 관리

- 차광막 에 의한 낙수물 을 기준으로 기둥좌우에 배수로 형성
- 날씨변화 에 주의하여 태풍이나 돌풍이 불어올시 측면 차광막을 닫아 바람의 영향을 최대한 줄여준다
- 날씨의 영향으로 지주의 흔들림이 있을시 와이어의 늘어짐 상태를 확인후 부착된 핸드윈 치 및 턴버클을 조여 와이어의 텐션을 재 조절 하여 차후 기후변화에 대비하여야 한다



## <제4협동과제 : 인삼 관행 해가림 방식에서의 연작장해 경감기술 개발>

### 1) 연구수행 내용

#### ① 녹비작물 재배, 토양훈증에 의한 인삼뿌리썩음병원균 사멸효과 구명

- 녹비작물 토양환원+태양열+토양훈증소독 등 물리화학적 경종적 방법으로 시험포장 처리
- 토양소독 처리별 토양전염성 병원균 사멸율(병원균 밀도) 조사

#### ② 녹비작물+태양열 소독+ 토양훈증 종합처리효과 구명

- 해바라기 + 종실 미수확 + 식물체 환원(비닐피복 태양열) + 훈증/무훈증
- 옥수수 + 종실 미수확 + 식물체 환원(비닐피복 태양열) + 훈증/무훈증
- 옥수수 + 종실수확 + 식물체 환원(무피복) + 훈증/무훈증

\* 주요조사항목: 연작장해 발생률, 인삼 생육특성, 토양이화학성

#### ③ 인삼 연작토양에서 관수 및 인삼뿌리 잔사물이 뿌리썩음병 발생에 미치는 영향 구명

- 시험목적: 인삼 연작지에서 관수처리와 사포닌 토양훈화처리가 인삼 생육 및 뿌리썩음병 발생에 미치는 영향을 분석하여 연작장해 발생의 원인을 구명하고자 함
- 시험토양: 뿌리썩음병(*Cylindrocarpon destructans*) 이병 토양
- 시험품종: 인삼 자경종 2년생 묘삼(생물검정용)
- 처리내용

(1) 연작토양+무처리

(2) 연작토양+물 세척 토양: 연작토양 → 물로 세척(매일 1회 관수, 1개월 처리),

(3) 연작토양+물 세척 토양 + 인삼 세근분말 20g/포트

\* 토양 속 사포닌 함량: 0.06%(평균)

- 조사항목: 토양미생물상, 근부병 발생율, 인삼 생육특성, 토양이화학성 등
- 묘삼 이식일: 4월 12일 (묘삼 이식전 무게: 0.77g/주)

### 2) 연구수행 결과

#### 1. 녹비작물 종류별 토양환원과 비닐피복 태양열 소독에 의한 연작장해 경감효과 구명

- 표 1에서와 같이 인삼 연작지에서 녹비작물(해바라기) 재배+토양훈입+비닐피복 태양열 소독 처리를 하면 인삼 뿌리썩음병 발생이 억제되었다. 1년 동안 수단그라스나 해바라기 등을 재배하면서 토양에 환원해주고 비닐피복을 하여 태양열 소독을 실시하면 녹비작물의 발효열과 태양열 등에 의해 지온이 상승하고 토양이 환원상태로 되어 미생물이 더 빨리 효과적으로 사멸하게 된다. 1년 동안 1회 처리를 하였을 때 무병주율은 무처리 18.5%에서 수단그라스 처리구 80.5%, 해바라기 처리구 80.0%로 무처리보다 뚜렷이 향상되어 연작장해 경감에 효과가 있었다. 그러나 1년 동안 1회 처리로는 무병주율이 초작지 수준(90% 수준)보다 다소 낮은 결과를 보여 뿌리썩음병 발생을 효과적으로 억제하기 위해서는 2년 동안의 반복적인 처리가 필요할 것으로 보인다.

표 1. 연작지에서 녹비작물 재배후 토양훈화+투명비닐피복 태양열 소독처리별 2년생 인삼의 수량성 및 뿌리썩음병 발생율 (2014년도 1년차 토양소독처리)

녹비작물 종류	지하부 생존율(%)	주당근중 (g/주)	수량성 (kg/10a)	무병주율 (%)	근부병 발생정도 (0-4)
무처리(대조구)	82.5	1.73	282.7	18.5	1.75
수단그라스	89.5	2.06	363.8	80.5	0.11
해바라기	88.5	2.21	384.9	80.0	0.10
들깨	78.0	1.53	234.8	53.0	0.72

주) 2014년도 투명비닐피복 태양열 토양소독처리 → 2015년도 묘삼 이용 포트 검정

주) 이병주율: (고사주+이병주)/재식주수×100

주) 근부병 발생정도: 0(무발생), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전 부패 결주)

- 표 2에서와 같이 인삼 연작지에 해바라기 재배후 토양에 혼화하고 비닐피복하여 7월 하순 부터 8월 하순까지 태양열 소독하면 지온이 상승하고 토양이 환원되어 토양전염성 병원균 이 사멸되어 인삼뿌리썩음병 발생이 억제되었다. 즉 무처리의 경우 뿌리썩음병원균 포자가 토양g당 17.3개에서 5.4개로 현저히 감소되어 인삼뿌리썩음병 발생 억제로 인한 연작장해 경감에 효과가 있었다.

표 2. 녹비작물 재배후 토양혼화+투명비닐피복 태양열 소독에 의한 토양깊이별 뿌리썩음병원균 (*C. destructans*) 밀도 비교(2014~2015년 2년간 토양소독 처리)

녹비작물 종류	<i>C. destructans</i> 병원균 밀도(포자수/토양g)				
	5cm 깊이	10cm 깊이	15cm 깊이	20cm 깊이	평균
무처리	8.40	17.33	23.80	19.62	17.29±7.14
수단그라스	7.25	6.60	6.38	5.80	6.51±1.95
해바라기	5.32	5.50	5.68	4.91	5.35±1.48

주) 병원균 밀도 조사일: 2015년 10월 하순

- 그림 1에서와 같이 2015년도에 연작지 토양을 대상으로 해바라기 재배후 토양혼화(발효열 이용)+투명비닐피복 태양열에 의한 지온상승 효과를 보면 매일 일변화를 보여 14시부터 18 시에 최고를 보였다. 일반적으로 뿌리썩음병원균의 사멸온도는 40℃ 이상으로 보고되고 있는데, 지하 15cm 까지는 최고지온이 40℃ 이상을 보여 뿌리썩음병원균 사멸효과가 높을 것으로 생각된다. 지하 20cm에서는 37℃ 이상 상승하였으나 40℃에는 이르지 못했다. 지온이 항온조건보다 일변화를 보이는 변온조건에서 뿌리썩음병원균이 더 효과적으로 사멸된다는 보고가 있다.

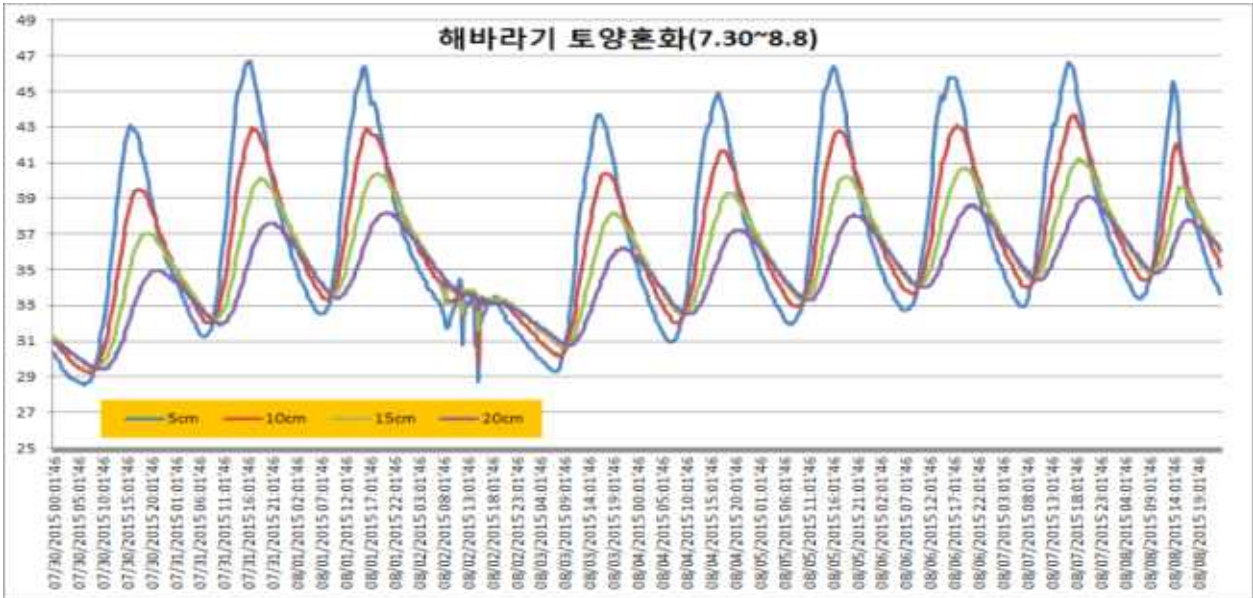


그림. 2015년도 해바라기 토양온화+투명비닐피복 태양열에 의한 지온상승 효과

○ 표 3에서와 같이 인삼 연작지에서 녹비작물(해바라기) 재배+토양혼입+비닐피복 태양열 소독 처리를 하면 인삼 뿌리썩음병 발생을 억제하여 연작장해 경감이 가능하였다. 이와 같은 처리를 1년간 만 처리하는 것보다 동일한 방법으로 2년간 총 2회 처리하면 뿌리썩음병 발생율이 초작지(대조구)와 비슷한 수준을 보였다. 즉 2년생 인삼의 지하부 생존율은 무처리 63.8%에서 처리구 95.0%로 향상되었다. 1년 동안 1회 처리보다는 2년 동안 2회 처리가 병 발생 억제에 효과적이었다.

표 3. 연작지에서 녹비작물 토양혼화처리에 따른 2년생 인삼의 뿌리썩음병 억제효과(2014~2015년 2년간 투명비닐피복 태양열 토양소독 처리)

처리내용	지하부 생존율(%)	주당 근중(g/주)	수량성 (g/칸)	무병주율 (%)	발병정도 (0-4)
무처리(휴작)	63.8b	1.78b	76.4b	25.7c	2.34a
수단그라스 2년 재배	76.6ab	2.57a	123.7a	48.4b	1.23b
해바라기 2년 재배	95.0a	2.35a	132.7a	86.8a	0.30c
들깨 1년+해바라기 1년	72.8b	2.33a	109.9ab	62.9b	1.19b

주) 2014년, 2015년 2년간 모두 윤작물 재배후 투명비닐피복 태양열 소독처리 → 2016년도 묘삼 이용 포장 검정

주) 이병주율: (고사주+이병주)/재식주수×100

주) 근부병 발생정도: 0(무발생), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전 부패 결주)

○ 표 4에서와 같이 연작지 토양에서 녹비작물(옥수수, 해바라기)의 생육특성 및 건물 생산량을 보면 다음과 같다. 지상부 생체중은 옥수수(사료용)가 해바라기(단간종)보다 더 많았다. 해바라기 품종이 장간종이 아닌 단간종이기 때문으로 생각된다. 옥수수의 생체중은 7월 중 하순경이 가장 많으나 건조중은 8월 상순이 많았다. 식물체 토양 혼입을 통한 발효열 이용

과 태양열 소독을 위해서는 생체중이 많은 옥수수가 유리할 것으로 판단되며, 해바라기의 경우 장간종 품종일 경우는 옥수수와 비슷한 생체중을 보일 것으로 예상된다.

표 4. 연작지 토양에서 녹비작물(옥수수, 해바라기)의 생육 및 건물 생산량

녹비작물명 (예취시기)	초장 (cm)	경태 (mm)	수분 함량 (%)	생체중 (kg/10a)	건조중 (kg/10a)
해바라기 (7월 21일)	142.6	21.4	84.4	8,100	1,242
옥수수(1차) (7월 21일)	278.8	20.7	73.6	10,083	2,548
옥수수(2차) (8월 4일)	284.8	20.9	59.6	7,855	3,164

주) 재식주수: 해바라기 6만주/10a, 옥수수(1차) 8만주/10a, 옥수수(2차) 6만주/10a

주) 품종: 해바라기(단간종), 옥수수(1차: 광성옥, 사료용 품종, 2차: 대학찰옥수수)

주) 예취시기: 해바라기, 옥수수(1차 수확: 7월 21일, 2차 수확: 8월 4일)

- 표 5에서와 같이 연작지 토양에서 옥수수(윤작물) 수확시기별(토양환원) 생육특성 및 건물생산량을 보면 다음과 같다. 태양열 소독효과를 높이기 위해 7월 20일경에 예취하면 수분함량이 많아 생체중이 많으나 건조중은 낮았다. 8월 하순경에 예취하면 태양열 소독은 곤란하나 옥수수 종실(1,014kg/10a)을 얻을 수 있으며, 종실을 뺀 건조중은 2605kg/10a 생산되었다.

표 5. 연작지 토양에서 옥수수(녹비작물) 수확시기별(토양환원) 생육 및 건물생산량

예취시기 (품종: 광평옥)	초장 (cm)	경태 (mm)	생체중 (kg/10a)	수분함량 (%)	건조중 (kg/10a)	종실중 (kg/10a)
7월 20일	278.8	20.7	10,083	73.6	2,548	-
8월 20일	321.0	23.5	8,057	59.2	3,619(2,605)	1,014

주) 재식주수: 옥수수 8천주/10a

주) 2차 수확: 생체중, 건조중은 각각 종실중을 포함한 무게임

- 표 6에서와 같이 2016년 7월 중순부터 8월 하순까지 윤작물 토양혼화+투명비닐 피복에 의한 태양열 소독처리별 지온 상승효과를 보면 다음과 같다. 지하 20cm의 평균지온은 노지 28.9℃ < 옥수수 34.8℃ < 해바라기 35.5℃ 이며, 옥수수, 해바라기 모두 지하 20cm 이내에서 최고지온은 40℃ 를 초과하였다. 지하 20cm에서 40℃ 이상 경과시간은 노지 0, 옥수수 36, 해바라기 77시간으로 해바라기가 가장 높았으며, 토양소독효과가 있을 것으로 예상된다. 지하 20cm에서 40℃ 이상 경과일수는 노지 0일, 옥수수 8일, 해바라기 12일로 해바라기가 가장 많았다.

표 6. 녹비작물 토양혼화+투명비닐 피복에 의한 태양열 소독처리별 지온 상승효과

녹비작물	평균 지온		최고 지온		40℃ 이상 경과시간(h)		40℃ 이상 경과횟수(회)	
	지하 10cm	지하 20cm	지하 10cm	지하 20cm	지하 10cm	지하 20cm	지하 10cm	지하 20cm
노지	29.3±0.08	28.9±0.05	37.3±0.21	33.2±0.07	0	0	0	0
옥수수	34.9±1.41	34.8±0.42	48.0±1.48	41.5±0.30	199.2±30.47	36.4±17.77	27.5±1.91	8.0±3.46
해바라기	36.0±0.87	35.5±0.58	46.5±1.54	41.8±1.15	192.1±58.85	77.3±64.08	26.0±3.16	12.0±7.62

주) 태양열 소독기간: 2016년 7월 21일~2016년 8월 30일

○ 표 7에서와 같이 토양 혼증처리에 따른 토양 이화학성의 변화를 보면, 토양혼증 처리를 하면 염류농도가 크게 증가하고 나트륨도 약간 증가되었다. 유기물 함량은 크게 감소되며, 기타 성분은 모두 약간 감소되는 경향을 보였다.

표 7. 토양 혼증처리에 따른 토양 이화학성의 변화

구분	녹비작물	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO3 (mg/kg)	P2O5 (mg/kg)	Ex. Cation (cmol+/kg)			
							K	Ca	Mg	Na
무혼증 (무처리)	옥수수	6.90a	0.18b	14.0a	7.08ab	135.1a	0.27a	3.80a	0.70b	0.05a
	해바라기	6.76a	0.22b	14.9a	9.85a	150.7a	0.28a	4.16a	0.83a	0.05a
	평균	6.83	0.20	14.5	8.47	142.9	0.28	3.98	0.77	0.05
혼증	옥수수	6.39b	0.49a	7.3b	8.28ab	108.4a	0.19b	3.34b	0.65bc	0.06a
	해바라기	6.47b	0.39a	7.1b	6.78b	126.8a	0.24ab	3.21b	0.60c	0.06a
	평균	6.43 (94)	0.44 (220)	7.20 (50)	7.53 (89)	117.6 (82)	0.22 (78)	3.28 (82)	0.63 (82)	0.06 (120)

주) 모든 처리: 녹비작물 재배 후 식물체 토양 혼입+투명비닐피복 태양열 소독

주) 토양혼증: 태양열 소독처리 후 다조메 혼증처리(60kg/10a)



그림 2. 토양 혼증처리 후 토양 이화학성의 증감정도(비율)

표 8에서와 같이 투명비닐을 피복하여 태양열 소독처리를 하면 질산태질소는 크게 증가하고 pH와 EC는 큰 변화가 없었고 기타 성분은 모두 약간 감소되는 경향을 보였다.

표 8. 태양열 소독처리에 따른 토양 이화학성의 변화

처리내용	구분	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO3 (mg/kg)	P2O5 (mg/kg)	Ex. Cation (cmol+/kg)			
							K	Ca	Mg	Na
무피복 (무처리)	무훈증	6.94a	0.17b	16.3a	1.57b	152.4a	0.32a	4.55a	0.97a	0.06a
	훈증	6.77a	0.52a	10.7bc	1.58b	141.3a	0.29a	3.95b	0.82b	0.06a
	평균	6.86	0.35	13.5	1.58	146.9	0.31	4.25	0.90	0.06
피복 (태양열)	무훈증	6.90a	0.18b	14.0ab	7.08a	135.1ab	0.27a	3.80b	0.70c	0.05a
	훈증	6.39b	0.49a	7.3c	8.28a	108.4b	0.19a	3.34c	0.65c	0.06a
	평균	6.65 (97)	0.34 (97)	10.7 (79)	7.68 (488)	121.8 (83)	0.23 (75)	3.57 (84)	0.68 (75)	0.06 (92)

주) 태양열 소독: 녹비작물 재배 후 식물체 토양 혼입+투명비닐피복

주) 토양훈증: 태양열 소독처리 후 다조메 훈증처리(60kg/10a)



그림 3. 태양열 소독처리 후 토양 이화학성의 증감정도(비율)

- 표 9에서와 같이 태양열 소독처리만 하면 뿌리썩음병원균 (*C. destructans*)의 밀도는 옥수수의 경우 무처리 대비 31.7% 감소되고 해바라기의 경우 무처리와 차이가 없었다. 태양열 소독후 토양훈증 처리하면 뿌리썩음병원균 (*C. destructans*)의 밀도는 옥수수의 경우 무처리 대비 42.0% 감소되고 해바라기의 경우 28.8% 되었으며, 토양훈증 단독처리는 41.0% 감소되었다. 태양열 소독이나 태양열 소독+토양훈증 처리시 옥수수 재배가 해바라기 재배보다 병원균밀도 감소에 더 효과적이었고 태양열 소독+토양훈증처리가 태양열 단독처리나 토양훈증 단독처리보다 더 효과적이었다.

표 9. 태양열 소독 + 훈증처리별 뿌리썩음병원균 밀도

처리내용	무처리	태양열 소독		태양열+훈증 소독		훈증소독
		옥수수	해바라기	옥수수	해바라기	
병원균 밀도 (포자수/토양 g)	2.05±0.17a	1.40±0.40b	2.10±0.48a	1.19±0.13b	1.46±0.54b	1.21±0.34b



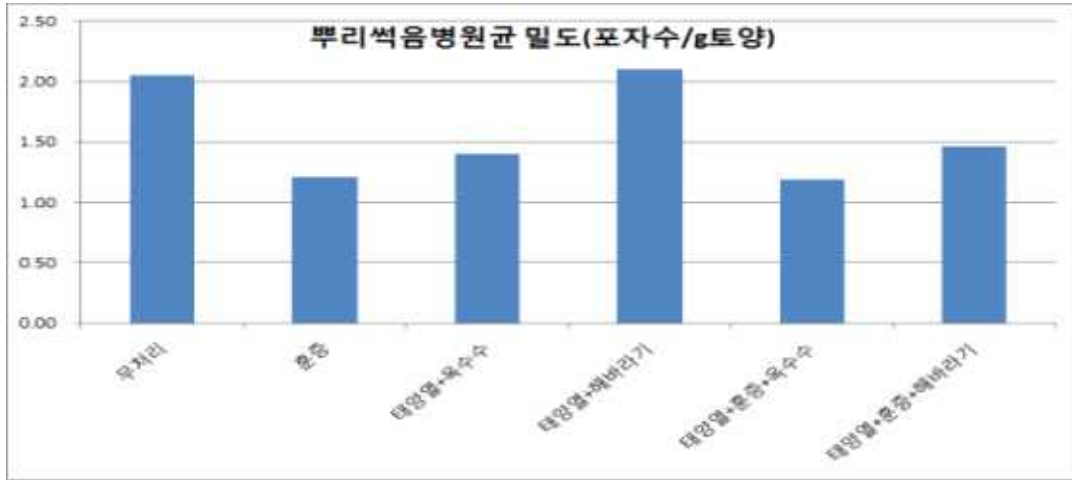


그림 4. 태양열 소독 + 혼종처리별 뿌리썩음병원균 밀도

- 표 10에서와 같이 다조메 입제를 이용하여 심토 혼종소독(두둑형성후 혼종처리)을 한 처리와 녹비작물 토양환원+태양열소독(2회/2년)한 처리에 따른 5년생 인삼의 지상부 생육특성을 비교한 결과는 다음과 같다. 무처리 대조구(연작토양)의 인삼은 5년생에서 100% 고사하였다. 입모율은 태양열소독 2회 처리가 84.7%로 가장 좋았고 다조메 혼종소독처리는 75.3%로 약간 감소되었다. 초장, 경장, 엽장, 엽폭은 다조메 혼종소독과 태양열소독 처리간에 유의적인 차이가 없었으며, 고온장해 발생율은 다조메 혼종처리가 다소 낮았다.

표 10. 심토 혼종 소독처리와 녹비작물 토양환원+태양열소독처리에 따른 5년생 인삼의 지상부 생육특성

처리내용	입모율 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	고온장해 발생정도 (0-9)
무처리	0.0	-	-	-	-	-
다조메 혼종소독(1회/1년)	75.3b	68.8a	38.5a	17.2a	6.8a	2.8b
수단그라스+태양열소독(2회/2년)	84.7a	69.09a	42.13a	16.77a	6.71a	3.7a
해바라기+태양열소독 (2회/2년)	64.7c	70.25a	41.77a	16.69a	6.84a	3.7a

주) 무처리 대조구는 100% 고사됨

주) 2014년, 2015년 2년간 모두 윤작물 재배후 투명비닐피복 태양열 소독처리 → 2016년도 묘삼 이용 포장 검정, 다조메 혼종소독: 2015년 8월 중순 처리→ '16년 묘삼 정식

- 표 11에서와 같이 녹비작물 토양환원+태양열소독처리에 따른 5년생 인삼의 지하부 생육 및 수량성을 조사한 결과를 다조메 이용 심토 혼종소독처리구와 비교한 것은 다음과 같다. 지하부 생존율과 생근중은 수단그라스 토양환원+태양열 소독 2회 처리가 가장 높았으며, 뿌리썩음병 발생율은 혼종소독 처리보다 녹비작물 토양환원+태양열소독처리가 더 낮았으며, 발병지수는 수단그라스 토양환원+태양열 소독 2회 처리가 가장 낮았다. 발병심각도는 해바라기+태양열소독처리에서 다소 높았는데, 이는 인삼뿌리 표면에 작은 흑색 반점이 일부 존재하였기 때문이었다. 적변율은 해바라기 토양환원+태양열 소독 2회 처리가 가장 낮았다.

표 11. 심토 훈증소독(다조메 입제) 처리와 녹비작물 토양환원+태양열소독처리에 따른 5년생 인삼의 지하부 생육 및 뿌리썩음병 발생을

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
무처리	0.0	-	-	-	-	-
다조메 훈증소독(1회/1년)	72.5b	1,969b	43.1b	29.5a	1.95b	55.2a
수단그라스+태양열소독(2회/2년)	85.2a	2,378a	43.5b	5.9b	1.24c	47.0a
해바라기+태양열소독 (2회/2년)	54.6c	1,942b	58.2a	7.6b	2.24a	23.1b

주) 2014년, 2015년 2년간 모두 윤작물 재배후 투명비닐피복 태양열 소독처리 → 2016년도 묘삼 이용 포장 검정, 다조메 훈증소독: 2015년 8월 중순 처리→ '16년 묘삼 정식

주) 이병주율: (고사주+이병주)/재식주수×100

주) 이병정도: 0(무), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전부패 고사)

주) 처리구별 방제가(%)=(1-살균제 처리구 이병주율/무처리구 이병주율)×100

## 2. 연작지의 태양열 소독 처리효과 구명

○ 표 1에서와 같이 연작지의 태양열 소독처리는 2년생 인삼의 지상부 생존율 향상에 효과가 있었으며, 표 2에서와 같이 연작지의 태양열 소독처리는 2년생 인삼의 수량성 증가와 뿌리 썩음병 발생억제에 효과가 있었다.

표 1. 연작지에서 녹비작물 재배후 태양열 소독 처리에 따른 2년생 인삼의 지상부 생육특성

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	지상부 생존율(%)		
					5월 중순	8월 상순	9월 상순
무처리	15.3b	4.93b	5.72b	2.92b	72.7a	14.8c	7.1c
옥수수 재배	17.3a	6.10a	6.33a	3.61a	90.5a	68.3b	52.2b
옥수수 재배→태양열 소독	17.8a	6.32a	6.73a	3.39a	95.9a	83.0a	75.1a

주) 무처리: 6년근 수확 육종포장, 주) 녹비작물 재배: 옥수수(횡성옥), 6년근 수확 육종포장

주) 태양열 소독: 녹비작물 토양혼화 후 투명비닐 피복하여 1개월간 유지(7월 하순~8월 하순)

표 2. 연작지에서 녹비작물 재배 후 태양열소독처리에 의한 2년생 인삼의 뿌리썩음병 억제율

처리내용	지하부 생존율 (%)	주당 근중 (g/주)	근중 (g/칸)	무병 주율 (%)	근부병 발생정도 (0-4)
무처리	63.8a	1.78c	76.4c	33.7b	2.34a
옥수수 재배	76.7a	2.63b	124.8b	76.2a	1.24b
옥수수 재배→태양열 소독	77.8a	4.22a	205.1a	77.8a	0.98b

○ 표 3에서와 같이 녹비작물(옥수수) 재배후 태양열 소독처리에 따른 3년생 인삼의 지상부 생

육은 차이를 보여 태양열 소독효과가 있었다. 표 4에서와 같이 3년생 인삼의 경우 녹비작물 토양환원후 태양열소독 처리를 비교해 보면 인삼 수량성은 무처리에 비해 태양열 소독처리가 양호하였으며, 뿌리썩음병 발생주율은 무처리 대비 태양열소독처리가 효과적이었다. 뿌리썩음병 발병 심각도 지수(Disease Severity Index)는 무처리 보다 태양열소독처리에서 효과적이었다.

표 3. 연작지에서 녹비작물(옥수수) 재배후 태양열 소독처리에 따른 3년생 인삼의 지상부 생육특성 비교

처리내용	입모율 5월상순 (%)	입모율 7월24일 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
옥수수 재배→무처리	79.1b	39.1b	44.27b	23.81a	12.08b	4.97b
옥수수 재배→태양열 소독	87.3a	47.9a	50.16a	25.91a	13.93a	5.68a

주) 시험토양: 6년근 수확 연작지 육종포장→ 옥수수 재배후 토양환원(7월 하순)

주) 태양열 소독처리: 7월 하순~8월 하순까지 투명비닐 피복(태양열 소독)

표 4. 연작지에서 녹비작물(옥수수) 재배후 태양열 소독처리에 따른 3년생 인삼의 지상부 생육 특성 비교

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
옥수수 재배→무처리	70.6b	508.2b	11.74b	25.6a	2.22a	20.0b
옥수수 재배→태양열소독	85.7a	845.8a	15.67a	16.5b	1.56b	40.4a

주) 이병정도: 0(무), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전부패 고사)

○ 표 5에서와 같이 인삼 연작지에서 녹비작물로 옥수수를 재배한 다음 7월 하순에 토양에 환원하고 투명비닐을 피복하여 8월 하순까지 태양열 소독을 한 결과, 4년생 인삼의 입모율은 90.2%로 무처리 65.1%에 비해 뚜렷이 증가되었으며, 초장, 엽장, 엽폭 등 지상부 생육도 증가되었고 고온장해 발생율도 현저히 감소되었다.

표 5. 연작지에서 녹비작물(옥수수) 토양환원 후 태양열 소독처리에 따른 4년생 인삼의 지상부 생육특성 비교

처리내용	입모율 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	고온장해 발생정도 (0-9)
옥수수 재배→무처리	65.1b	54.2b	30.8b	13.6b	5.5b	7.9a
옥수수 재배→태양열 소독	90.2a	73.9a	42.9a	17.5a	7.4a	1.5b

주) 시험토양: 6년근 수확 연작지 육종포장→ 옥수수 재배후 토양환원(7월 하순)

주) 태양열 소독처리: 7월 하순~8월 하순까지 투명비닐 피복(태양열 소독)

- 표 6에서와 같이 녹비작물(옥수수) 토양환원 후 태양열 소독처리에 따른 4년생 인삼의 지하부 생육 및 수량성은 다음과 같다. 녹비작물(옥수수) 토양환원+태양열 소독처리로 지하부 생존율은 45.6%에서 86.1%로 증가하였고 생근중은 칸당 411g에서 2017g으로 증가하였다. 뿌리썩음병 발생율은 60.5%에서 20.3%로 감소하였고 발병지수도 3.13에서 1.36으로 감소하였으며, 적변율도 크게 감소하였다.

표 6. 연작지에서 녹비작물(옥수수) 토양환원 후 태양열 소독처리에 따른 4년생 인삼의 지하부 생육 및 뿌리썩음병 발생율

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
옥수수 재배→무처리	45.6b	411.1b	16.1b	60.5a	3.13a	55.0a
옥수수 재배→태양열 소독	86.1a	2016.7a	32.6a	20.3b	1.36b	16.0b

주) 이병정도: 0(무), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전부패 고사)

### 3. 연작지의 토양 훈증소독 처리효과 구명

- 표 1에서와 같이 연작지에서 훈증제를 이용한 토양소독처리는 2년생 인삼의 지상부 생육 향상에 영향을 미쳤으나 유의적인 차이를 보이지 않았다. 표 2에서와 같이 연작지에서 훈증제를 이용한 토양소독처리는 수량성을 증가시키고 뿌리썩음병 발생을 억제시키는데 효과가 있었음

표 1. 연작지에서 토양훈증처리에 따른 2년생 인삼의 지상부 생육특성

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	지상부 생존율(%)		
					5월 중순	8월 상순	9월 상순
옥수수 재배→무처리	17.3a	6.10a	6.33a	3.61a	90.5a	68.3a	52.2a
옥수수 재배→훈증 처리	18.1a	6.42a	6.80a	3.55a	96.8a	73.7a	62.0a

주) 연작지: 6년근 수확 육종포장, 주) 녹비작물 재배: 옥수수(횡성옥)

주) 태양열 소독: 녹비작물 토양혼화 후 투명비닐 피복하여 1개월간 유지(7월 하순~8월 하순)

주) 토양훈증: 다조메 입제를 이용한 토양소독(사용량: 60kg/10a, 시기: 9월 상순)

표 2. 연작지에서 토양훈증처리에 따른 2년생 인삼의 뿌리썩음병 발생특성

처리내용	지하부 생존율 (%)	주당 근중 (g/주)	근중 (g/칸)	무병 주율 (%)	근부병 발생정도 (0-4)
옥수수 재배→무처리	76.7b	2.63b	124.8b	76.2a	1.24a
옥수수 재배→훈증 처리	95.8a	3.53a	220.2a	91.5a	0.46b

- 표 3에서와 같이 연작지에서 훈증제를 이용한 토양소독처리시 3년생 인삼의 지상부 생육은 무처리와 차이를 보여 연작장해 경감효과가 인정되었다. 표 4에서와 같이 연작지에서 훈증

제를 이용한 토양소독처리시 3년생 인삼의 뿌리썩음병 발생율은 무처리 25.6%, 처리 41.0%로 오히려 훈증소독 처리구에서 증가되었다. 지하부 생존율, 생근중은 훈증소독처리에서 증가되어 수량성 증가에 긍정적 영향을 미쳤으나 뿌리썩음병 발생율은 오히려 증가되어 단순한 훈증처리로만은 연작장해 경감에 효과를 미치지 못했다. 본 시험은 9월 훈증처리의 결과인데, 5월 훈증후 예정지 관리를 하여 토양환경(이화학적, 미생물상 등)을 복원하거나 지온이 높은 8월에 훈증을 하면 가스 발생이 더 많아져 뿌리썩음병 억제효과는 더 높아졌다.

표 3. 연작지에서 훈증처리에 따른 3년생 인삼의 지상부 생육특성 비교

처리내용	입모율 5월상순 (%)	입모율 7월24일 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
옥수수 재배→무처리	79.1b	39.1b	44.27b	23.81b	12.08a	4.97b
옥수수 재배→토양훈증	88.3a	48.8a	48.45a	27.12a	12.44a	5.28a

주) 시험토양: 6년근 수확 연작지 육종포장→ 옥수수 재배후 토양환원(2016년 8월)

주) 훈증처리: 2016년 9월 상순, 다조메 60kg 심토 훈증

표 4. 연작지에서 훈증처리에 따른 3년생 인삼의 뿌리썩음병 발생율

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
옥수수 재배→무처리	70.6b	508.2b	11.74b	25.6b	2.22a	20.0b
옥수수 재배→훈증소독	88.1a	853.1a	15.35a	41.0a	1.64b	18.1b

주) 이병정도: 0(무), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전부패 고사)

○ 표 5에서와 같이 인삼 연작지에서 녹비작물로 옥수수를 재배한 다음 9월 상순에 다조메 훈증처리를 하였을 때 4년생 인삼의 입모율은 84.5%로 무처리에 비해 뚜렷이 증가되었으며, 초장, 엽장, 엽폭 등 지상부 생육도 증가되었고 고온장해 발생율도 감소되었다.

표 5. 연작지에서 훈증처리에 따른 4년생 인삼의 지상부 생육특성 비교

처리내용	입모율 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	고온장해 발생정도 (0-9)
옥수수 재배→무처리	65.1b	54.2b	30.8b	13.6b	5.5b	7.9a
옥수수 재배→토양훈증	84.5a	60.0a	35.9a	15.0a	6.0a	4.4b

주) 시험토양: 6년근 수확 연작지 육종포장→ 옥수수 재배후 토양환원(2016년 8월)

주) 훈증처리: 2016년 9월 상순, 다조메 60kg 심토 훈증

주) 고온장해 발생정도 조사: 2019년 8월 10일(0; 무발생, 1; 10% 발생, 3; 30% 발생, 5; 50% 발생, 7; 70% 발생, 9; 90% 발생)

○ 표 6에서와 같이 토양 훈증소독 처리에 따른 4년생 인삼의 지하부 생육 및 수량성은 다음

과 같다. 토양훈증 처리로 지하부 생존율은 45.6%에서 84.6%로 증가되고 생근중은 칸당 411g에서 1,382g으로 증가되었으며, 뿌리썩음병 발생율은 약간 감소되었으나 발병지수는 3.13에서 2.42로 크게 감소하였다.

표 6. 토양 훈증소독 처리에 따른 4년생 인삼의 지하부 생육 및 뿌리썩음병 발생율

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
옥수수 재배→무처리	45.6b	411.1b	16.1b	60.5a	3.13a	55.0a
옥수수 재배→토양훈증	84.6a	1381.8a	23.2a	72.7a	2.42b	59.9a

주) 이병정도: 0(무), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전부패 고사)

#### 4. 연작지에서 태양열 소독후 훈증처리 효과 구명

○ 표 1에서와 같이 태양열 소독후 토양훈증처리는 2년생 인삼의 지상부 생육 증가에 효과를 보였다. 표 2에서와 같이 태양열 소독후 토양훈증처리로 2년생 인삼의 지하부 생육이 다소 억제되었고 뿌리썩음병 발생정도는 대조구에 비해 큰 차이를 보이지 않았는데, 이는 토양 훈증처리로 토양의 염류농도가 상승하여 인삼 생육에 부정적인 영향을 미쳤기 때문으로 판단된다.

표 1. 연작지에서 옥수수 재배후 태양열 소독과 토양훈증 처리에 따른 2년생 인삼의 지상부 생육특성(유기재배 포장)

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	지상부 생존율(%)
옥수수→태양열 소독	16.3a	5.57a	6.16a	3.16a	92.9a
옥수수→태양열 소독→토양훈증	17.3a	6.07a	6.47a	3.27a	87.6a

주) 연작지: 6년근 수확 유기재배 포장, 녹비작물 재배: 옥수수(황성옥)

주) 태양열 소독: 녹비작물 토양훈화 후 투명비닐 피복하여 1개월간 유지(7월 하순~8월 하순)

주) 토양훈증: 다조메 입제를 이용한 토양소독(사용량: 60kg/10a, 시기: 9월 상순)

표 2. 연작지에서 옥수수 재배후 태양열 소독 후 토양훈증 처리에 의한 2년생 인삼의 뿌리썩음병 억제 정도

처리내용	지하부 생존율 (%)	주당 근중 (g/주)	근중 (g/칸)	무병 주율 (%)	근부병 발생정도 (0-4)
옥수수→태양열 소독	83.4a	3.43a	187.1a	79.4a	0.81a
옥수수→태양열 소독→토양훈증	87.7a	2.83b	153.5a	83.4a	0.84a

○ 표 3에서와 같이 태양열 소독후 토양훈증처리를 하면 pH, 칼슘, 마그네슘이 유의적으로 감



소하고 염류농도, 질산태질소, 칼륨함량이 유의적으로 증가하여 인삼의 생육에 부정적인 영향을 미치므로 토양훈증 후에는 녹비작물을 재배하여 토양이화학성을 개선해줄 필요가 있다.

표 3. 태양열 소독후 훈증처리 여부에 따른 2년생 인삼포장의 토양 이화학성 비교

처리내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO3 (mg/kg)	P2O5 (mg/kg)	Ex. Cation (cmol+/kg)			
						K	Ca	Mg	Na
옥수수→태양열 소독	7.40a	0.39b	7.44a	25.8b	265.3a	0.12b	5.74a	1.38a	0.09a
옥수수→태양열 소독→토양훈증	6.84b	0.80a	6.86a	44.7a	234.9a	0.25a	4.71b	0.96b	0.10a

주) 유기재배포장, 시료채취: 2016년 처리후 2017년 9월 13일

주) 조사포장은 2017년 봄에 묘삼 이식하여 2년생 인삼 재배중인 포장

○ 표 4에서와 같이 토양 훈증처리 후 녹비작물(옥수수)을 재배하여 1년간 예정지관리를 해주면 염류농도, 질산태질소, 인산, 칼륨, 나트륨 함량이 감소하여 인삼 생육 증가 및 뿌리썩음병 발생 억제에 유리할 것으로 판단된다.

표 4. 토양훈증후 예정지관리(녹비작물 재배) 여부에 따른 토양이화학성 변화

처리내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO3 (mg/kg)	P2O5 (mg/kg)	Ex. Cation (cmol+/kg)			
						K	Ca	Mg	Na
토양훈증→무처리	6.84a	0.80a	6.86a	44.7a	234.9a	0.25a	4.71a	0.96a	0.10a
토양훈증→예정지관리	7.13a	0.15b	6.37a	3.5b	161.7b	0.09b	4.86a	1.11a	0.06b

주) 토양훈증+무처리: 2016년 태양열 소독후 토양훈증(다조메) → 2017년 2년생 묘삼 이식재배

주) 토양훈증+예정지관리: 2016년 태양열 소독후 토양훈증(다조메) → 2017년 옥수수 재배하여 예정지관리

○ 표 5에서와 같이 태양열 소독처리와 태양열 소독후 훈증처리시 3년생 인삼의 지상부 생육은 차이가 없어 훈증소독 없이 녹비작물(옥수수) 토양환원+태양열 소독처리만으로도 연작장해 경감효과가 인정되었다.

표 5. 연작지에서 옥수수 재배후 태양열 소독과 토양훈증처리에 따른 3년생 인삼의 지상부 생육특성 비교

처리내용	입모율 5월상순 (%)	입모율 7월24일 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
옥수수 재배→태양열 소독→무처리	87.3a	47.9a	50.16a	25.91a	13.93a	5.68a
옥수수 재배→태양열 소독→토양훈증	85.7a	47.4a	50.13a	26.16a	14.73a	5.73a

주) 시험토양: 6년근 수확 연작지 육종포장→ 옥수수 재배후 토양환원(7월 하순)

주) 태양열 소독처리: 7월 하순~8월 하순까지 투명비닐 피복(태양열 소독)

주) 훈증소독: 2016년 9월 상순~9월 하순, 다조메 60kg 심토 훈증

○ 표 6에서와 같이 옥수수 재배 토양환원+비닐피복 태양열 소독후 토양병원균을 완전히 박멸 하기 위해 추가로 9월 상순에 토양훈증처리를 하면 3년생 인삼의 경우 지하부 생존율은 차이가 없으나 칸당 생근중, 주당근중은 유의적으로 증가되었으며, 뿌리썩음병 발병율과 발병 심각도 지수, 적변율은 유의적으로 감소하였다. 따라서 옥수수 재배 토양환원+비닐피복 태양열 소독후 9월 상순에 토양훈증처리는 지하부 생육 촉진과 뿌리썩음병 발생 억제에 효과가 있었다.

표 6. 연작지에서 옥수수 재배후 태양열 소독과 토양훈증처리에 따른 3년생 인삼의 뿌리썩음병 발병율

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
옥수수+태양열소독 →무처리	85.7a	845.8b	15.67b	16.5a	1.56a	40.4a
옥수수+태양열소독 →훈증소독	85.6a	1123.7a	18.20a	9.9b	1.11b	26.4a

○ 표 7에서와 같이 옥수수 재배 토양환원+태양열소독 한 처리구(대조구)와 태양열소독 후 추가로 다조메 훈증소독을 순차적으로 처리한 포장에서 4년생 인삼의 지상부 생육특성을 조사한 결과는 다음과 같다. 4년생 인삼의 입모율은 태양열소독만 실시한 처리가 태양열소독 후 추가로 훈증소독을 한 처리보다 더 높았으며, 지상부 생육도 더 양호하였다. 훈증소독을 하면 토양에 잔존하는 훈증제에 의한 가스 피해, 토양의 이화학성이나 미생물상의 악화 등으로 인삼의 생육이 위축될 수 있으므로 훈증소독 후에는 1년간의 예정지관리기간이 필요할 것으로 생각된다.

표 7. 연작지에서 옥수수 토양환원+태양열소독, 추가 훈증소독 순차적 처리에 따른 4년생 인삼의 지상부 생육특성 비교

처리내용	입모율 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	고온장해 발생정도 (0-9)
대조구(옥수수 재배→무처리)	65.1c	54.2c	30.8b	13.6	5.5b	7.9a
옥수수+태양열 소독	90.2a	73.9a	42.9a	17.5a	7.4a	1.5b
옥수수+태양열 소독→토양훈증	83.1b	70.0b	40.3a	17.6a	7.0a	2.7b

주) 시험토양: 6년근 수확 연작지 옥종포장→ 옥수수 재배후 토양환원(7월 하순)

주) 태양열 소독처리: 7월 하순~8월 하순까지 투명비닐 피복(태양열 소독)

주) 훈증소독: 2016년 9월 상순~9월 하순, 다조메 60kg 심토 훈증

- 표 8에서와 같이 옥수수 재배 토양환원+태양열소독 한 처리구(대조구)와 태양열소독 후 추가로 다조메 훈증소독을 한 처리에서 4년생 인삼의 지하부 생육 및 수량성을 조사한 결과는 다음과 같다. 무처리에 비해 녹비작물(옥수수)+태양열소독, 녹비작물(옥수수)+태양열소독+토양훈증소독 순차적 처리는 생근중 증가와 뿌리썩음병 발생억제에 효과가 있었는데, 태양열소독만 한 처리보다는 추가로 훈증소독을 한 처리에서 생근중 증가와 뿌리썩음병 발생억제에 더 효과적이었다. 따라서 연작지 포장에서 녹비작물(옥수수)을 재배하여 7월 하순경에 토양에 환원하고 비닐피복을 하여 8월 하순까지 태양열 소독처리를 한 다음 9월 상순에 추가로 다조메를 이용한 토양훈증처리를 하면 인삼의 수량성 향상과 뿌리썩음병 발생억제에 효과가 있었다.

표 8. 연작지에서 옥수수 토양환원+태양열소독, 추가 훈증소독 순차적 처리에 따른 4년생 인삼의 지하부 생육 및 뿌리썩음병 발생을

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
대조구(옥수수 재배→무처리)	45.6b	411.1c	16.1c	60.5a	3.13a	55.0a
옥수수 재배→태양열소독	86.1a	2016.7b	32.6b	20.3b	1.36b	16.0b
옥수수+태양열소독→훈증	93.1a	2731.7a	39.4a	15.0b	0.91c	21.8b

주) 이병정도: 0(무), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전부패 고사)

- 표 9에서와 같이 태양열 소독(해바라기 토양훈화)후 토양훈증처리는 2년생 인삼의 지상부 생육을 다소 향상시켰으나 지상부 생존율은 오히려 감소되었는데, 이는 훈증처리로 인한 염류농도 증가로 고온피해를 더 많았기 때문으로 판단된다. 표 10에서와 같이 토양훈증처리는 태양열 소독처리에 비해 2년생 인삼의 뿌리썩음병 발생이 다소 감소되었으나 유의적인 차이가 없었다.

표 9. 연작지에서 해바라기 재배 후 태양열 소독과 토양훈증처리에 따른 2년생 인삼의 지상부 생육특성

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	지상부 생존율(%)		
					5월 중순	8월 상순	9월 상순
해바라기→태양열 소독	17.6a	6.16a	6.46a	3.42a	92.2a	82.5a	83.1a
해바라기→태양열 소독→ 토양훈증	18.9a	6.88a	6.91a	3.58a	93.1a	51.3b	43.6b

주) 연작지: 6년근 수확 육종포장, 주) 녹비작물 재배: 해바라기

표 10. 연작지에서 해바라기 재배 후 태양열 소독과 토양훈증처리에 의한 2년생 인삼의 뿌리썩음병 억제 정도

처리내용	지하부 생존율 (%)	주당 근중 (g/주)	근중 (g/칸)	무병 주율 (%)	근부병 발생정도 (0-4)
해바라기→태양열 소독	70.4a	4.41a	204.4a	70.4a	1.39a
해바라기→태양열 소독→토양훈증	74.6a	4.63a	216.9a	73.5a	1.12a

주) 녹비작물 재배: 해바라기, 6년근 수확 육종포장

○ 표 11에서와 같이 녹비작물로 해바라기를 재배하여 태양열 소독처리하면 추가로 훈증처리했을 때와 비교하여 3년생 인삼의 지상부 생육은 차이가 없으므로 훈증소독 없이 녹비작물 토양환원+태양열 소독처리만으로도 연작장해 경감효과가 인정되었다. 표 12에서와 같이 연작지에서 해바라기 재배 후 태양열 소독과 토양훈증처리에 의한 3년생 인삼의 뿌리썩음병 억제 정도를 보면 태양열소독처리만 한 것에 비해 추가로 훈증처리를 하면 근중은 증가되고 근부병 발생정도도 감소되었는데, 아직 지하부 생존율, 발병주율은 유의적인 차이를 보이지 않았다.

표 11. 연작지에서 해바라기 재배 후 태양열 소독과 토양훈증처리에 따른 3년생 인삼의 지상부 생육특성

처리내용	입모율 5월상순 (%)	입모율 7월24일 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
해바라기 재배→태양열 소독→무처리	88.8a	48.4a	51.03a	27.15a	14.17a	5.86a
해바라기 재배→태양열 소독→토양훈증	84.5a	45.6a	49.94a	27.03a	14.00a	5.86a

주) 시험토양: 6년근 수확 연작지 육종포장→ 해바라기 재배 후 토양환원(7월 하순)

주) 태양열 소독처리: 7월 하순~8월 하순까지 투명비닐 피복(태양열 소독)

주) 훈증소독: 2016년 9월 상순~9월 하순, 다조메 60kg 심토 훈증

표 12. 연작지에서 해바라기 재배 후 태양열 소독과 토양훈증처리에 의한 3년생 인삼의 뿌리썩음병 억제 정도

처리내용	지하부 생존율 (%)	주당 근중 (g/주)	근중 (g/칸)	발병 주율 (%)	근부병 발생정도 (0-4)
해바라기→태양열 소독→무처리	87.8a	14.42b	813.2a	4.9a	1.63a
해바라기→태양열 소독→토양훈증	85.2a	19.63a	1,057a	9.3a	1.24b

주) 녹비작물 재배: 해바라기, 6년근 수확 육종포장

- 표 13에서와 같이 녹비작물(해바라기) 토양환원+태양열소독 처리(대조구)와 녹비작물+태양열 소독 후 추가 훈증소독 순차적 처리를 비교하였을 때 4년생 인삼의 지상부 생육특성은 다음과 같다. 태양열소독 단독 처리가 태양열소독+훈증소독 단계별 처리에 비해 4년생 인삼의 입모율이 다소 높고 지상부 생육도 더 양호하였으나 유의적인 차이는 없었다.

표 13. 연작지에서 해바라기 토양환원+태양열소독 후 추가로 훈증소독 순차적 처리에 따른 4년생 인삼의 지상부 생육특성 비교

처리내용	입모율 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	고온장애 발생정도 (0-9)
대조구(옥수수 재배→무처리)	65.1b	54.2b	30.8b	13.6b	5.5b	7.9a
해바라기+태양열 소독	88.1a	73.7a	42.6a	18.0a	7.3a	1.2b
해바라기+태양열 소독→토양훈증	86.1a	70.0a	40.6a	17.4a	6.9a	2.6b

주) 시험토양: 6년근 수확 연작지 육종포장→ 해바라기 재배후 토양환원(7월 하순)

주) 태양열 소독처리: 7월 하순~8월 하순까지 투명비닐 피복(태양열 소독)

주) 훈증소독: 2016년 9월 상순~9월 하순, 다조메 60kg 심토 훈증

- 표 14에서와 같이 녹비작물(해바라기) 토양환원+태양열소독 처리(대조구)와 녹비작물+태양열 소독 후 추가 훈증소독 순차적 처리를 비교하였을 때 4년생 인삼의 지하부 생육 및 수량성은 다음과 같다. 무처리에 비하여 녹비작물(해바라기)+태양열소독 처리나 녹비작물(해바라기)+태양열소독+훈증소독 순차적 처리는 4년생 인삼의 수량성 증가와 뿌리썩음병 발생 억제에 효과가 있었는데, 녹비작물(해바라기)+태양열소독+훈증소독 순차적 처리가 더 효과적이었다.

표 14. 연작지에서 해바라기 토양환원+태양열소독 후 추가로 훈증소독 순차적 처리에 따른 4년생 인삼의 지하부 생육 및 뿌리썩음병 발생율

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
대조구(옥수수 재배→무처리)	45.6b	411.1c	16.1c	60.5a	3.13a	55.0a
해바라기+태양열소독	85.2a	1866.3b	30.3b	29.0b	1.50b	31.8b
해바라기+태양열소독→훈증소독	80.6a	2583.9a	41.0a	19.6b	1.45b	29.2b

주) 이병정도: 0(무), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전부패 고사)

5. 연작지에서 녹비작물 종류별 태양열 소독처리 효과 구명

○ 표 1에서와 같이 태양열 소독처리시 토양에 환원해주는 녹비작물의 종류에 따라 2년생 인삼의 지상부 생육은 큰 차이를 보이지 않았다. 표2에서와 같이 태양열 소독처리시 토양에 환원해주는 녹비작물의 종류에 따라 2년생 인삼의 지하부 생육은 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 뿌리썩음병 발생은 옥수수보다 해바라기 처리시 더 억제되었으나 유의적인 차이를 보이지 않았다.

표 1. 녹비작물 +태양열소독 처리에서 녹비작물 종류에 따른 2년생 인삼의 지상부 생육특성

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	지상부 생존율(%)		
					5월 중순	8월 상순	9월 상순
옥수수 재배→태양열 소독	17.8a	6.32a	6.73a	3.39a	95.9a	83.0a	75.1a
해바라기 재배→태양열 소독	17.6a	6.16a	6.46a	3.42a	92.2a	82.5a	83.1a

주) 녹비작물 재배: 옥수수(횡성옥), 해바라기

주) 태양열 소독: 녹비작물 토양혼화 후 투명비닐 피복하여 1개월간 유지(7월 하순~8월 하순)

표 2. 녹비작물+태양열소독 처리에서 녹비작물 종류에 따른 2년생 인삼의 뿌리썩음병 억제율

처리내용	지하부 생존율 (%)	주당 근중 (g/주)	근중 (g/칸)	무병 주율 (%)	근부병 발생정도 (0-4)
옥수수 재배→태양열 소독	70.4a	4.42a	204.4a	70.4a	1.39b
해바라기 재배→태양열 소독	77.8a	4.22a	205.1a	77.8a	0.98b

○ 표 3에서와 같이 녹비작물 토양환원후 태양열 소독처리를 할 때 옥수수보다는 해바라기 처리가 3년생 인삼의 지상부 생육에서 더 양호한 결과를 보였다. 표 4에서와 같이 녹비작물+태양열 소독 처리시 녹비작물 종류에 따른 3년생 인삼의 지하부 생육을 보면 녹비작물 종류에 따라 지하부 생존율, 생근중, 주당근중은 차이가 없었다. 해바라기 재배가 옥수수 재배보다 뿌리썩음병 발병주율과 발병 심각도 지수가 낮아 옥수수 재배보다는 해바라기 재배후 태양열 소독처리가 뿌리썩음병 억제에 더 효과적이었다.

표 3. 녹비작물+태양열 소독처리 시 녹비작물 종류에 따른 3년생 인삼의 지상부 생육특성

처리내용	입모을 5월상순 (%)	입모을 7월24일 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
옥수수 재배→태양열 소독	79.1b	47.9a	44.27b	23.81b	12.08b	4.97b
해바라기 재배→태양열 소독	88.8a	48.4a	51.03a	27.15a	14.17a	5.86a

주) 시험토양: 6년근 수확 연작지 육종포장→ 옥수수, 해바라기 재배후 토양환원(7월 하순)

주) 태양열 소독처리: 7월 하순~8월 하순까지 투명비닐 피복(태양열 소독)



표 4. 녹비작물+태양열 소독처리 시 녹비작물 종류에 따른 3년생 인삼의 뿌리썩음병 발생을

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
옥수수 재배→태양열 소독	85.7a	845.8a	15.67a	16.5a	1.56a	40.4a
해바라기 재배→태양열 소독	87.8a	813.2a	14.42a	5.0b	1.04b	57.9a

○ 표 5에서와 같이 녹비작물 토양환원+태양열 소독처리 시 녹비작물 종류에 따른 4년생 인삼의 지상부 생육특성을 비교한 결과는 다음과 같다. 태양열소독 처리 시 녹비작물의 종류(옥수수, 해바라기)에 따라 4년생 인삼의 지상부 생육은 큰 차이를 보이지 않았다. 표 6에서와 같이 녹비작물 토양환원+태양열 소독처리 시 녹비작물 종류에 따른 4년생 인삼의 지하부 생육 및 뿌리썩음병 발생 특성을 비교한 결과는 다음과 같다. 태양열소독 처리 시 녹비작물의 종류(옥수수, 해바라기)에 따라 4년생 인삼의 지하부 생육과 수량성 및 뿌리썩음병 발병주율과 발병지수는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

표 5. 녹비작물 토양환원+태양열 소독처리 시 녹비작물 종류(옥수수, 해바라기)에 따른 4년생 인삼의 지상부 생육특성 비교

처리내용	입모율 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	고온장해 발생정도 (0-9)
대조구(옥수수 재배→무처리)	65.1b	54.2b	30.8b	13.6b	5.5b	7.9a
옥수수+태양열 소독	90.2a	73.9a	42.9a	17.5a	7.4a	1.5b
해바라기+태양열 소독	88.1a	73.7a	42.6a	18.0a	7.3a	1.2b

주) 시험토양: 6년근 수확 연작지 육종포장→ 옥수수, 해바라기 재배후 토양환원(7월 하순)  
 주) 태양열 소독처리: 7월 하순~8월 하순까지 투명비닐 피복(태양열 소독)

표 6. 녹비작물 토양환원+태양열 소독처리 시 녹비작물 종류(옥수수, 해바라기)에 따른 4년생 인삼의 지하부 생육 및 뿌리썩음병 발생을

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
대조구(옥수수 재배→무처리)	45.6b	411.1b	16.1b	60.5a	3.13a	55.0a
옥수수 재배→태양열 소독	86.1a	2016.7a	32.6a	20.3b	1.36b	16.0b
해바라기+태양열소독	85.2a	1866.3a	30.3a	29.0b	1.50b	31.8b

주) 이병정도: 0(무), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전부패 고사)

## 6. 토양환원후 길항균 처리효과 구명

○ 표 1에서와 같이 토양환원후 길항균 처리는 2년생 인삼의 지상부 생육에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 표 2에서와 같이 토양환원후 길항균 처리로 2년생 인삼의 지하부 생육은 억제되었으나 뿌리썩음병 발생 억제에는 효과가 있었다.

표 1. 태양열 소독+토양훈증 후 길항균 처리에 따른 2년생 인삼의 지상부 생육특성

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	지상부 생존율(%)
해바라기→태양열→토양훈증→무처리	14.4a	4.40a	5.31a	2.76a	78.9a
해바라기→태양열→토양훈증→길항균	15.0a	4.40a	5.62a	2.78a	67.1a

주) 길항균 처리: 묘삼 이식 1주전 길항미생물 *Bacillus subtilis* 배양분말(바이코나 입제)과 퇴비(1리터/칸) 혼합 살포

표 2. 태양열 소독+토양훈증 후 길항균 처리에 따른 2년생 인삼의 뿌리썩음병 발생특성

처리내용	지하부 생존율 (%)	주당 근중 (g/주)	근중 (g/칸)	무병 주율 (%)	근부병 발생정도 (0-4)
해바라기→태양열→토양훈증→무처리	65.9b	5.35a	212.4a	49.2b	1.87a
해바라기→태양열→토양훈증→길항균	81.7a	3.68b	192.2a	67.5a	1.31b

○ 표 3에서와 같이 녹비작물 토양환원+태양열 소독→토양훈증후 길항미생물 처리는 3년생 인삼의 입모율에는 영향이 없으나 초장과 경장은 차이를 보여 지상부 생육촉진효과가 다소 있었다. 표 4에서와 같이 녹비작물(해바라기)+태양열 소독→토양훈증 후 길항미생물을 처리했을 때 3년생 인삼의 지하부 생존율은 다소 낮으나 생근중, 주당근중이 많았으며, 발병율은 다소 높았다. 따라서 3년생에서 길항 미생물 처리효과는 근중 증가에 영향을 미쳤으나 뿌리썩음병, 적변 발생 억제에는 효과가 없었다.

표 3. 태양열 소독+훈증소독 후 길항균 처리에 따른 3년생 인삼의 지상부 생육특성 비교

처리내용	입모율 5월상순 (%)	입모율 7월24일 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
해바라기 재배→태양열 소독→토양훈증→무처리	84.2a	45.7a	42.97b	25.63b	13.70a	5.46a
해바라기 재배→태양열 소독→토양훈증→길항균 처리	76.9a	44.4a	52.14a	27.00a	14.27a	5.84a

주) 시험토양: 6년근 수확 연작지 육종포장→ 해바라기 재배후 토양환원(7월 하순)

주) 태양열 소독처리: 7월 하순~8월 하순까지 투명비닐 피복(태양열 소독)

주) 훈증소독: 2016년 9월 상순~9월 하순, 다조메 60kg 심토 훈증

주) 길항균 처리 : 2년생 묘삼 이식전 토양훈화(2017년 3월 하순)

표 4. 녹비작물(해바라기)+태양열소독 후 길항미생물 처리에 따른 3년생 인삼의 뿌리썩음병 발생률 비교

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
해바라기+태양열소독→ 토양훈증→무처리	87.8a	736.6a	13.4b	4.3a	1.31a	56.6a
해바라기+태양열소독→ 토양훈증→길항균 처리	81.5a	966.4a	18.9a	9.1a	1.49a	50.7a

○ 표 6에서와 같이 녹비작물(해바라기)+태양열소독+훈증소독 후 길항미생물 처리에 따른 4년생 인삼의 지하부 생육 및 뿌리썩음병 발생율을 보면, 길항미생물 처리로 4년생 인삼의 지하부 생육은 증가되었으나 발병율도 증가되었는데, 유의적 차이를 보이지 않았다.

표 6. 녹비작물(해바라기)+태양열소독+훈증소독 후 길항미생물 처리에 따른 4년생 인삼의 지하부 생육 및 뿌리썩음병 발생율

처리내용	지하부 생존율 (%)	생근중 (g/칸)	주당 근중 (g/주)	발병 주율 (%)	발병 심각도 (0-4)	적변율 (%)
해바라기+태양열소독→ 훈증소독→무처리	87.5a	2025.3a	31.5b	8.6a	1.21a	36.1a
해바라기+태양열소독→훈증소독→길항균 처리	83.3a	2510.3a	41.5a	17.2a	1.54a	42.1a

주) 이병정도: 0(무), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전부패 고사)

## 7. 인삼 연작토양에서 관수처리가 연작장해 경감에 미치는 영향 구명

○ 표 1에서와 같이 6년근 인삼을 수확한 연작지 토양에 관수처리 및 관수처리 후 인삼 세근 분말 토양훈화 처리가 토양이화학성에 미치는 영향을 조사하였다. 토양산도는 관수처리에 의해 뚜렷이 증가되었으며, 관수처리 후 인삼 세근 분말을 훈화처리하면 감소되었다. Lee 등 (2016)에 의하면 토양산도는 인삼 이식 전에 비해 수확 후 감소되었으며, 이는 인삼뿌리에서 분비되거나 뿌리가 분해될 때 생기는 유기산 등 폐놀물질의 축적 때문이라고 하였는데, 본 시험에서도 인삼 세근 분말의 첨가에 의해 토양산도가 낮아져 비슷한 결과를 보였다. 염류농도는 관수처리하면 염류의 용탈에 의해 뚜렷이 감소하였으며, 인삼 세근 분말을 훈화처리하면 다시 유의적으로 증가하였다. 유기물 함량은 관수처리에 의해 감소되었으나 처리 간 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 인삼 세근 분말의 첨가에 의해서도 증가되지 않았다. 질산태 질소는 관수처리에 의해 뚜렷이 감소하였으며, 인삼 세근 분말을 훈화처리하면 다시 유의적으로 증가하였다. 염류농도는 질산태 질소와 가장 큰 정의상관 관계를 보이기 때문에 (Lee *et al.*, 2017) 질산태 질소의 감소는 염류농도 감소에 가장 큰 영향을 미친 것으로 보인다. 유효인산은 관수처리에 의해 유의적으로 감소하였는데, 인삼 세근 분말을 훈화처리하면 유의적으로 증가하였다. 칼륨은 관수처리에 의해 뚜렷이 감소하였고 인삼 세근 분말 훈화처리에 의해 유의적으로 증가하였다. 칼슘, 마그네슘 및 나트륨은 관수처리에 의해 유의적으로 감소하였고 인삼 세근 분말 훈화처리에 의해 약간 증가되었으나 유의성이 없었다. 이와 같이 관수처리에 의해 질산태 질소 > 염류농도 > 나트륨 > 칼륨 > 마그네슘 ≥ 인산 순으로 감소하였

으며, 유기물 함량은 유의적인 변화를 보이지 않았다. 인삼 세근 분말 혼화처리에 의해 질산태 질소 > 염류농도 > 칼륨 > 인산 순으로 증가하였으며, 유기물, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 함량은 유의적인 변화를 보이지 않았다.

표 1. 연작지 관수처리 및 인삼 분말 토양혼화에 따른 토양 이화학성 변화

처리내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO3 (mg/kg)	P2O5 (mg/kg)	Ex. Cation (cmol+/kg)			
						K	Ca	Mg	Na
연작토양+무처리(대조구)	5.82c	3.50a	39.87a	348.3a	325.7a	0.73a	7.51a	2.90a	0.45a
연작토양+관수	6.90a (119)	0.37c (11)	37.49ab (94)	14.3c (4)	293.1b (90)	0.32c (44)	6.79b (90)	1.88b (65)	0.14b (31)
연작토양+관수+세근분말	6.70b (97)	0.51b (138)	34.85b (93)	26.4b (185)	335.7a (115)	0.41b (128)	6.78b (100)	1.98b (105)	0.15b (107)

주) 관수처리: 매일 1회, 1개월 처리, 포트당 2리터 관수/20리터 포트

주) 인삼 세근 분말 토양혼화: 20g/20 l (인삼 세근 0.1% 함유)

○표 2에서와 같이 인삼 연작지 토양에서 관수처리 및 관수 후 인삼 세근 분말 토양혼화 처리가 2년생 인삼의 지상부 생육에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다. 초장, 경장, 엽폭, 엽장, 경직경 및 지상부중은 관수처리에 의해 뚜렷한 증가를 보였다. 관수처리 후 인삼 세근 분말 혼화처리는 경장을 제외한 초장, 엽폭, 엽장, 경직경 및 지상부중이 유의적인 변화가 없었으나 다소 증가되었다. 이와 같이 연작지에서 관수처리는 인삼의 지상부 생육을 촉진하는 효과가 있었는데, 이는 염류농도 및 나트륨 농도가 크게 감소되어 삼투압 작용 등에 영향을 미쳤기 때문으로 보인다. Kim 등 (2015)에 의하면 인삼의 재배에 적당한 염류농도는 0.5 - 1.0 dS/m 이며, 염류가 과다할 경우 생리장해가 발생한다고 보고하였다. 그리고 관수 후 인삼 세근 분말 혼화처리에 의해 인삼의 지상부 생육이 억제되지 않아 인삼 수확 후 세근 잔사물이 인삼 지상부 생육에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

표 2. 연작지 관수처리 및 인삼 분말 토양혼화에 따른 2년생 인삼의 지상부 생육특성

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경직경 (mm)	지상부중 (g/주, FW)
연작토양+무처리(대조구)	13.3b	7.7b	3.12b	1.55b	1.45b	0.34b
연작토양+관수	19.8a	10.7a	5.22a	2.56a	1.57ab	0.83a
연작토양+관수+세근분말	20.0a	10.5a	5.49a	2.59a	1.66a	0.90a

주) 관수처리: 매일 1회, 1개월 처리, 포트당 2리터 관수/20리터 포트

주) 인삼 세근 분말 토양혼화: 20g/20 l

○표 3에서와 같이 인삼 연작지 토양에서 관수처리 및 관수 후 인삼 세근 분말 토양혼화 처리가 2년생 인삼의 지하부 생육과 뿌리썩음병 발생에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다. 지하부 생존율은 관수처리에 의해 뚜렷이 증가되었는데, 이는 뿌리썩음병 발생이 억제되

었기 때문으로 보인다. 인삼 세근 분말 혼화처리에 의해 지하부 생존율은 약간 감소되었는데, 이는 뿌리썩음병 발생이 증가되었기 때문으로 보인다. 인삼의 주당근중과 근장은 관수처리나 관수 후 인삼 세근 분말 혼화처리에 따라 유의적인 차이를 보이지 않아 관수처리나 인삼 세근 분말 혼화처리는 근중 증가에 영향을 미치지 못했는데, 4 - 6년근 인삼재배처럼 장기간 재배할 경우에는 관수 및 인삼 세근 분말 혼화처리가 인삼 근중 증가에 긍정적 영향을 미칠 것으로 생각된다. 뿌리썩음병 발생정도 (disease severity index, DSI)는 관수처리에 의해 유의적으로 감소하였으나 인삼 세근 분말 혼화처리에 의해 유의적으로 증가하였다. 따라서 관수처리는 인삼 뿌리썩음병 발생을 억제하는데 효과를 보였으며, 인삼 수확 시 토양에 남아 있는 뿌리 잔사물은 인삼의 지상부 생육에는 유의적인 영향을 미치지 않으나 뿌리썩음병 발생 증가에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 토양 염류농도가 높아지면 작물의 뿌리가 갈변되고 스트레스를 받아 병원균이 쉽게 침입하여 병 발생이 증가되며 (Yang *et al.*, 2000), 토양염류농도는 인삼의 뿌리썩음병과 유의적인 부의 상관성이 있었다는 보고처럼 (Lee *et al.*, 2017), 본 시험에서 관수처리에 의한 염류농도 저하는 뿌리썩음병 발생 억제에 영향을 미친 것으로 생각된다. 그리고 인삼 세근 분말 혼화처리로 인삼 뿌리썩음병 발생이 증가되었던 것은 Sun 등 (2013)의 보고처럼 인삼뿌리에서 분비되거나 뿌리 분해시 발생하는 페놀화합물이 뿌리썩음병원균의 병원성을 증가시켜 뿌리썩음병 발생이 증가되었기 때문으로 생각된다.

표 3. 연작지 관수처리 및 인삼 분말 토양혼화에 따른 2년생 인삼의 지하부 생육 및 뿌리썩음병 발생특성

처리내용	입모율 (%)	근중 (g/주)	근장 (cm)	무병주율 (%)	이병지수 (0-4)	T/R율
연작토양+무처리(대조구)	48.5b	0.58a	10.1a	6.5c	2.75a	58.7b
연작토양+관수	88.5a	0.54a	10.7a	50.5a	0.95c	154.4a
연작토양+관수+세근분말	83.8a	0.56a	10.2a	21.9b	1.40b	160.8a

주) 관수처리: 매일 1회, 1개월 처리, 포트당 2리터 관수/20리터 포트

주) 인삼 세근 분말 토양혼화: 20g/20 l

주) 이병정도: 0(무), 1(약), 2(중), 3(강), 4(완전부패 고사)

## 8. 인삼 연작토양에서 인삼 수확시 인삼뿌리 잔사물이 토양미생물에 미치는 영향 구명

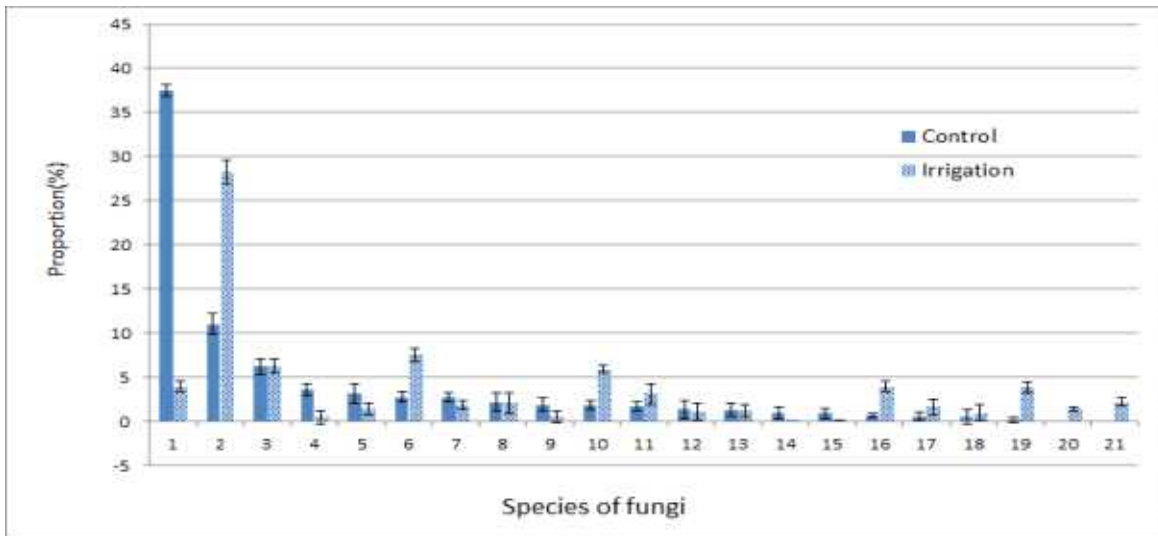


그림 1. 인삼 뿌리썩음병에 오염된 토양에서 관수처리에 따른 토양 서식 곰팡이 종의 비율 변화 특성

1; *Trichoderma crassum*\_2, 2; *Haematonectria haematococca*\_1, 3; *Pseudallescheria fimeti*\_1, 4; *Pseudogymnoascus roseus*\_1, 5; *Chaetomidium* group, 6; *Geomyces pannorum*\_2, 7; *Scytalidium thermophilum*\_3, 8; *Humicola fuscoatra*, 9; *Myrothecium verrucaria*\_2, 10; *Waitea circinata*\_30, 11; *Fungi\_uc\_s*, 12; *Geomyces pannorum*\_1, 13; *Podospora setosa*, 14; *Mortierella alpina*\_2, 15; *Guehomyces pullulans*, 16; *Waitea circinata*\_4, 17; *Taifanglania inflata*, 18; *Eukarya\_uc\_s*, 19; *Cladosporium sphaerospermum*\_1, 20; *Monographella cucumerina*\_1, 21; *Onygenales\_uc\_s*.

○그림1에서와 같이 관수처리에 따른 곰팡이 종 단위에서 변화양상을 보면, *Trichoderma* 속의 *Trichoderma crassum*은 37.5%에서 3.9%로 감소하였으며, *Fusarium* 속의 *Haematonectria haematococca*는 11.1%에서 28.3%로 증가하였다. 또한 *Pseudogymnoascus* 속의 *Geomyces pannorum*은 2.8%에서 7.6%로, *Waitea* 속의 *Waitea circinata*는 1.8%에서 5.9%로 증가하였다. *Trichoderma* 속 곰팡이들은 토양에 널리 존재하고 식물병 방제를 위한 길항미생물로도 이용되는데, *T. crassum*은 *T. koningii*에 비해 시들음병 (Verticillium Wilt) 방제에 효과가 적다고 하였다 (Jamdar *et al.*, 2013). *H. haematococca*는 *Fusarium solani*의 완전세대형으로 인삼에서 주로 적변을 유발하며 병원성은 낮은 것으로 보고되었다 (Punja *et al.*, 2007). *G. pannorum*은 토양에 널리 존재하는 부생균이며, *Rhizoctonia*에 의한 잘록병 억제에 효과가 있다고 하여 (Nelson *et al.*, 1983) *G. pannorum*의 증가는 인삼 연작장해 경감에 긍정적인 영향을 미친 것을 보인다. *W. circinata*는 *Rhizoctonia oryzae*의 완전세대형으로 벼의 균핵병이나 보리, 밀의 뿌리썩음병을 일으키는 병원균으로 (Paulitz *et al.*, 2003) 인삼의 병 발생과는 관련이 적을 것으로 생각된다. 인삼의 뿌리썩음병과 관련되는 *Cylindrocarpon* species는 전체 곰팡이에서 매우 낮은 비율로 존재하고 있는데, 관수처리에 의해 0.04%에서 0.02%로 감소하여 인삼 연작장해 경감에 긍정적인 영향을 미쳤다.



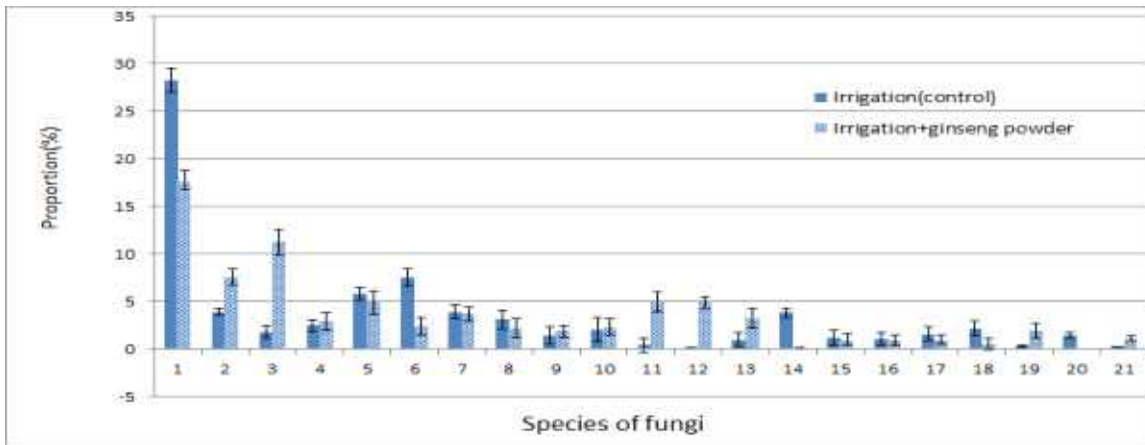


그림 2. 인삼 뿌리썩음병에 오염된 토양에서 인삼 세근분말 첨가에 따른 토양 서식 곰팡이 종의 비율 변화 특성

1; *Haematonectria haematococca*\_1, 2; *Trichoderma crassum*\_2, 3; *Scytalidium thermophilum*\_3, 4; *Pseudallescheria fimeti*\_1, 5; *Waitea circinata*\_30, 6; *Geomyces pannorum*\_2, 7; *Waitea circinata*\_4, 8; *Fungi\_uc\_s*, 9; *Chaetomidium* group, 10; *Humicola fuscoatra*, 11; *Mortierella\_uc*, 12; *Mortierella elongata*\_3, 13; *Eukarya\_uc\_s*, 14; *Cladosporium sphaerospermum*\_1, 15; *Podospora setosa*, 16; *Geomyces pannorum*\_1, 17; *Taifanglania inflata*, 18; *Onygenales\_uc\_s*, 19; *Mortierella elongata*\_1, 20; *Monographella cucumerina*\_1, 21; *Cryptococcus terricola*.

○그림 2에서와 같이 관수 후 인삼 세근 분말 토양혼화에 따른 토양 미생물 중 곰팡이 종 단위에서의 변화양상을 보면, *H. haematococca*는 28.3%에서 17.7%로 감소하였고, *G. pannorum*도 7.6%에서 2.4%로, *Pseudallescheria fimeti*도 6.3%에서 2.9%로 감소하였다. 반면 *T. crassum*은 3.9%에서 7.6%로 증가하였고, *Scytalidium thermophilum*도 1.8%에서 11.3%로 증가하였으며, *Mortierella elongata*도 0.2%에서 4.9%로 증가하였다. *H. haematococca*의 감소는 토양에 첨가된 인삼세근 사포닌의 항균작용에 의한 영향으로 보이며 (Park and Ohh, 1981), *Rhizoctonia*에 의한 잘록병 억제에 효과가 있다고 알려진 *G. pannorum* (Nelson *et al.*, 1983)의 감소는 인삼의 연작장해 발생 증가에 영향을 미친 것으로 생각된다. *S. thermophilum*은 glucose에 의해 생육이 촉진되는데 (Zanoela *et al.*, 2004), *S. thermophilum*의 증가는 세근분말에 함유되어있는 glucose에 의해 영향을 받은 것으로 보인다. 인삼의 뿌리썩음병을 유발하는 *Cylindrocarpon* species는 관수 후 인삼 세근분말 토양혼화처리에 의해 0.02%에서 0.14%로 증가하였으며, *Fusarium* species는 0.21%에서 0.44%로 증가하여 인삼의 연작장해 발생에 영향을 미쳤다. *C. destructans*의 밀도는 인삼 재배기간에 따라 증가되어 인삼의 뿌리썩음병 발생이 증가되었다 (Lee *et al.*, 2014). 금산 등 3개 지역에서 *Fusarium* spp.의 밀도와 *Fusarium* spp./total fungi의 비율은 초작지보다 재작지에서 더 높다고 하였으며 (Shin *et al.*, 1985), 인삼즙액의 농도가 증가할수록 *F. solani*의 생장이 촉진되었다고 하여 (Park and Ohh, 1981) 인삼 세근 잔사물은 이들 곰팡이의 성장 촉진에 영향을 미친 것으로 보인다. Han 등 (1992)에 의하면 토양 중의 유기물은 분해되어 일부가 폐놀화합물로 되며, 이 화합물들은 계속해서 미생물들의 탄소원으로 이용되는데, 토양 중에 가해진 폐놀의 양이 많아질수록 세균이나 방선균은 감소하거나 활동이 억제되는 반면 *Fusarium* spp.는 증가한다고 하였다. 이와 같이 *T.*

*crassum*은 연작지 토양에 관수처리하면 크게 감소했다가 인삼 세근분말이 첨가되면 다시 증가되었으며, *H. haematococca*는 연작지 토양에 관수처리하면 크게 증가되었다가 인삼 세근분말이 첨가되면 다시 감소되는 특징을 보였다. 또한 인삼의 뿌리썩음병을 유발하는 *Cylindrocarpon* species와 *Fusarium* species는 인삼분말 첨가에 의해 증가되었다. 따라서 토양 서식 곰팡이의 다양성 측면에서 연작장애의 발생은 *T. crassum*의 증가와 *H. haematococca*, *Geomyces pannorum*의 감소, 그리고 인삼 뿌리썩음병과 직접 관련이 되는 *Cylindrocarpon* species와 *Fusarium* species의 증가 등과 관련이 있을 것으로 생각된다.

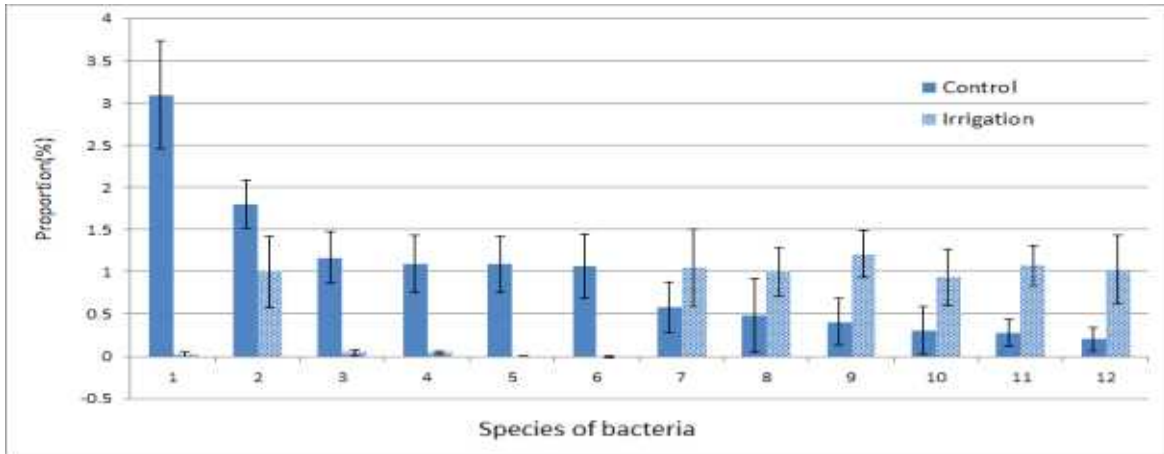


그림 3. 인삼 뿌리썩음병에 오염된 토양에서 관수처리에 따른 토양 서식 세균 종의 비율 변화 특성

1; *GU444078\_s*, 2; *JF421159\_f\_uc\_s*, 3; *Nonomurea maritima*, 4; *Streptomyces glauciniger*, 5; *4P002119\_s*, 6; *Oxalicibacterium solurbis*, 7; *Planctomycetaceae\_uc\_s*, 8; *HQ119644\_s*, 9; *EU881088\_s*, 10; *Arthrobacter oryzae*, 11; *Streptomyces lavendulae* group, 12; *Cytophagaceae\_uc\_s*.

○그림 3에서와 같이 관수처리에 따른 세균 종 단위에서의 변화를 보면, *Nonomurea maritima*, *Streptomyces glauciniger*, *Oxalicibacterium solurbis* 등은 뚜렷이 감소하였고 *Arthrobacter oryzae*, *Streptomyces lavendulae* 등은 뚜렷이 증가하였다. *Arthrobacter oryzae*는 주로 논토양에 존재하는 세균인데 (Kageyama *et al.*, 2008) 관수처리에 의해 증가된 것으로 보인다. *Streptomyces lavendulae*는 항균물질인 lavendamycin을 생산하는 곰팡이로 (Balitz *et al.*, 1982) 인삼의 연작장애 경감에 영향을 미친 것으로 보인다.

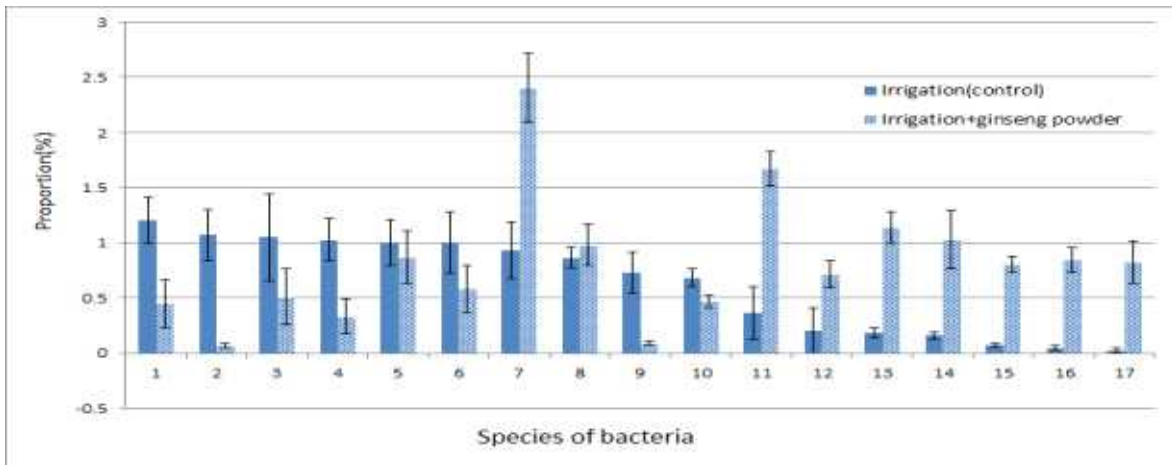


그림 4. 인삼 뿌리썩음병에 오염된 토양에서 인삼 세균분말 첨가에 따른 토양 서식 세균 종의 비율 변화 특성

1; *EU881088\_s*, 2; *Streptomyces lavendulae* group, 3; *Planctomycetaceae\_uc\_s*, 4; *Cytophagaceae\_uc\_s*, 5; *JF421159\_f\_uc\_s*, 6; *HQ119644\_s*, 7; *Arthrobacter oryzae*, 8; *EU801228\_s*, 9; *AM697421\_s*, 10; *FJ479524\_s*, 11; *Arthrobacter pascens*, 12; *AB630582\_g\_uc*, 13; *Arthrobacter humicola*, 14; *Microbacterium trichothecenolyticum*, 15; *JN038769\_s*, 16; *Rhizobium cauense*, 17; *Arthrobacter defluvii* group.

○그림 4에서와 같이 인삼 세균 분말 토양혼화처리에 따른 세균의 종 단위에서 변화양상을 보면, *Streptomyces lavendulae*는 뚜렷이 감소하였고 *Arthrobacter oryzae*, *Arthrobacter pascens*, *Arthrobacter humicola*, *Microbacterium trichothecenolyticum*, *Rhizobium cauense*, *Arthrobacter defluvii* 등은 뚜렷이 증가하였다. 항생물질을 생산하는 *S. lavendulae* (Balitz *et al.*, 1982)의 뚜렷한 감소는 인삼의 연작장해 발생 증가에 영향을 미쳤으며, *A. humicola*는 무의 발아와 생육을 억제하는 물질 (3-phenylpropionic acid)을 생산하기 때문에 (Chung *et al.*, 2010), *A. humicola*의 증가도 인삼의 연작장해 발생 증가에 영향을 미친 것으로 보인다. *M. trichothecenolyticum*은 인삼의 진세노사이드 Rb1을 Rd, Rh2로 전환하는 세균으로 (Kim *et al.*, 2013) 토양에 혼화된 인삼 세균 분말에 의해 증가된 것으로 보이며, 인삼에 병을 일으키는 세균들은 진세노사이드를 전환할 수 있는 능력이 있다고 하였다 (Nguyen *et al.*, 2016). Nguyen 등 (2016)에 의하면 식물병원성이 잠재된 세균 중 인삼 재배포장에서 *Sphingomonas*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* 속이 자주 분리되며, 이들은 인삼의 진세노사이드를 전환하여 이용할 수 있다고 하였다. Park and Ohh (1981)에 의하면 인삼 사포닌과즙액의 농도가 증가될수록 세균성 뿌리썩음병원균인 *Erwinia carotovora*의 생장이 촉진되었다고 하여 인삼 세균 잔사물은 연작장해 발생과 관련된 세균들의 생장에 영향을 미친 것으로 보인다. 이와 같이 연작지 토양에 관수처리하면 논토양에서 주로 발견되는 *A. oryzae* 및 항생물질을 생산하는 *S. lavendulae* 등이 증가하여 인삼의 연작장해 경감에 영향을 미쳤으며, 인삼 세균분말을 토양에 혼화해주면 항생물질을 생산하는 *S. lavendulae*가 감소하고 식물생장 독소를 분비하는 *A. humicola*가 증가하며 진세노사이드를 전환할 수 있는 *M. trichothecenolyticum*이 증가하여 인삼의 연작장해 발생 증가에 영향을 미친 것으로 보인다.

□ **결과 요약(종합)**

① **녹비작물 종류별 토양환원과 비닐피복 태양열 소독에 의한 4년생 인삼의 연작장해 경감효과 구명**

- 녹비작물 토양환원+태양열소독처리에 따른 5년생 인삼의 결과를 혼증소독 처리구와 비교한 결과 지하부 생존율, 생근중, 뿌리썩음병 발생율은 수단그라스 토양환원+태양열 소독 2회 처리가 혼증소독 처리보다 더 좋았으며, 뿌리썩음병 발병지수는 더 낮았다.
- 발병지수는 해바라기+태양열소독처리에서 다소 높았는데, 이는 인삼뿌리 표면에 작은 흑색 반점이 일부 존재하였기 때문이었으며, 적변율은 해바라기 토양환원+태양열 소독 2회 처리가 가장 낮았는데, 적변율이 낮으면 오히려 뿌리썩음 발생율은 다소 낮았다.

② **연작지의 태양열 소독 처리효과 구명**

- 녹비작물 토양환원 후 태양열 소독처리에 따른 4년생 인삼의 지하부 생존율은 45.6%에서 86.1%로 증가하였고 생근중은 칸당 411g에서 2017g으로 증가하였다.
- 뿌리썩음병 발생율은 60.5%에서 20.3%로 감소하였고 발병지수도 3.13에서 1.36으로 감소하였으며, 적변율도 크게 감소하였다.

③ **연작지의 토양 혼증소독 처리효과 구명**

- 혼증소독 처리에 따른 4년생 인삼의 지하부 생존율은 45.6%에서 84.6%로 증가되었고 생근중은 칸당 411g에서 1,382g으로 증가되었으며, 뿌리썩음병 발생율은 약간 감소되었으나 발병지수는 3.13에서 2.42로 크게 감소하였다.

④ **연작지에서 태양열 소독후 혼증처리 효과 구명**

- 녹비작물 토양환원+태양열소독 한 처리구(대조구)와 추가로 혼증소독을 한 처리에서 4년생 인삼을 조사한 결과, 대조구 생근중 411g, 발병주율 60.5% 이었으나 녹비작물+태양열소독만 한 처리의 경우 생근중 2017g, 발병주율 20.3% 이었고 추가로 혼증소독을 한 처리에서 생근중 2731g, 발병주율 15.0%로 생근중 증가와 뿌리썩음병 발생억제에 더 효과적이었다.
- 연작지 포장에서 녹비작물(옥수수)을 재배하여 7월 하순경에 토양에 환원하고 비닐피복을 하여 8월 하순까지 태양열 소독처리를 한 다음 9월 상순에 추가로 다조메를 이용한 토양혼증처리를 하면 인삼의 수량성 향상과 뿌리썩음병 발생억제에 효과가 있었다.

⑤ **연작지에서 녹비작물 종류별 태양열 소독처리 효과 구명**

- 녹비작물 토양환원+태양열 소독처리 시 녹비작물 종류에 따른 4년생 인삼의 지상부 생육특성을 비교한 결과, 녹비작물의 종류(옥수수, 해바라기)에 따라 4년생 인삼의 지상부 생육은 큰 차이를 보이지 않았다.
- 태양열소독 처리 시 녹비작물의 종류(옥수수, 해바라기)에 따라 4년생 인삼의 지하부 생육과 수량성 및 뿌리썩음병 발병주율과 발병지수는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

⑥ **토양혼증후 길항균 처리효과 구명**

- 녹비작물(해바라기)+태양열소독+혼증소독 후 길항미생물 처리에 따른 4년생 인삼의 특성을 보면, 길항미생물 처리로 4년생 인삼의 생근중은 2,025g에서 2,510g으로 증가되었으나 발병율도 8.6%에서 17.2%로 증가되었는데, 모두 유의적 차이를 보이지 않아 토양조건에 따라 그 효과는 다소 차이를 보였다.

□ 연구개발 성과(비SCI 논문게재 실적)

- 이성우, 이승호, 서문원, 박경훈, 장인복. 2018. 인삼 연작토양에서 관수 및 인삼뿌리 잔사물이 토양 미생물상 및 뿌리썩음병 발생에 미치는 영향. 한국약용작물학회지. 26(5) : 345-353.

□ 연구성과

○ 기술적 성과

- 녹비작물 토양환원과 투명비닐 피복에 의한 태양열소독 효과 구명(bio-solarization 효과 구명): 기존 태양열소독보다 토양전염성 병원균 소독효과 2배 높고 토양훈증제를 생략할 수 있는 친환경 소독기술임
- 녹비작물 토양환원+투명비닐 피복 태양열소독+토양훈증소독+길항균의 복합처리에 의한 연작장해 경감효과 구명(bio-solarization과 bio-fumigation의 결합에 의한 토양 전염성 병원균 완전멸균이 가능한 기술임)
- 연작장해 발생원인 구명: 뿌리썩음병과 직접 관련이 있는 *Cylindrocarpon*과 *Fusarium species*의 증가, 뿌리썩음병원균에 길항작용을 하는 곰팡이와 항생물질을 생산하는 세균의 감소, 진세노사이드를 전환하는 능력을 가진 세균들의 증가, 그리고 식물생장을 억제하는 독소를 분비하는 세균의 증가 때문임

○ 경제적 성과

- 연작장해 경감으로 인한 이동경작 억제로 임차료, 교통비 등 경영비 절감으로 농가소득 향상에 기여
  - \* 경영비 : 관행) 582만원/4년/10a → 개선) 407(30% △)
- 연작장해 경감을 통한 재작기간 50% 단축으로 신규재배면적 확보 가능
  - \* 인삼 재작기간 단축 : 관행) 10~15년 → 개선) 2년
  - \* 매년 신규 재배면적 3,000ha 확보 가능
- 인삼의 재(연)작시 문제되는 연작장해를 해소함으로써 인삼의 안정적 생산기반 구축 및 수출경쟁력 향상에 기여
  - \* 수출실적(백만불): '17) 158 → '18) 188 → '19) 210

### 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 3-1. 목표

- 인삼 생력재배를 위한 한국형 광폭해가림 적정모형 설정 및 실용화 가능성 분석
  - 지역별 적정 해가림 모형설정
  - 경지 이용률 30% 및 수량 20% 증가, 작업환경 및 생력화율 50% 개선
  - 농업환경 변화에 대응하기 위한 생력 및 내재해 (고온, 바람, 폭설 등)형 광폭해가림 시설 설치
  - 개발된 광폭해가림 시설을 경기, 충북, 경북지역에 설치하고 재해 적응성 및 인삼 수량성 등을 평가 후 시설비, 생력화율, 경제성을 분석하여 농가 보급형 모델 제시

#### 3-2. 목표 달성여부

- 인삼 생력재배를 위한 한국형 광폭해가림 적정모형 설정 : 달성
  - 폭·높이를 폭 7m, 높이 3.5m, 칸 당 3두둑으로 설정. 인삼주산단지의 30년간 순간풍속을 고려하여 설계확정 후 순간풍속 26.5m/s, 최대풍하중 40kgf/m<sup>2</sup>로 시설을 설계. 이를 토대로 지붕식해가림시설과 관련된 내재해시방서를 작성하여 지붕식해가림시설에 대한 특허 등록을 완료하였음
- 경지 이용률과 수량성을 증대시킬 수 있는 광폭해가림시설 선발 : 달성
  - 단위 면적당 설치 단가는 관행 철재해가림시설 대비 3~4배 가량 증가되나 5년생 근중대비 약 20% 증대 및 재식면적이 1.3배 증대되는 효과가 있음.
  - 온도 하락(2℃ ↓)에 따른 생육 증대와 재식면적의 확보는 수량성을 30~40% 가량 증산시키는 효과가 있었으며 트랙터를 활용하여 손쉬운 수확 및 파종효과가 있었음.
  - 관련 결과를 논문제출 하는 한편, 현장평가회로 농가에 홍보하였음.
- 연작장해 경감 종합방제기술 개발: 달성
  - 녹비작물(옥수수) 토양환원 후 태양열 소독(비닐피복)에 따른 4년생 인삼의 생근중은 칸당 411g에서 2,017g으로 증가, 뿌리썩음병 발생율은 60.5%에서 20.3%로 감소
  - 녹비작물(옥수수) 토양환원+태양열소독(비닐피복)+심토 훈증소독(다조메) 처리로 4년생 인삼의 생근중(평균)은 411g에서 2,731g, 발병주율 60.5%에서 15.0%로 감소하여 뿌리썩음병 발생 억제에 효과적
  - 녹비작물+태양열소독+훈증소독 후 길항미생물 처리로 4년생 인삼의 생근중은 2,025g에서 2,510g으로 증가되었음
- 연작장해 발생원인 구명: 달성
  - 뿌리썩음병과 직접 관련이 있는 *Cylindrocarpon*과 *Fusarium species*의 증가, 뿌리썩음병원균에 길항작용을 하는 곰팡이와 항생물질을 생산하는 세균의 감소, 진세노사이드를 전환하는 능력을 가진 세균들의 증가, 그리고 식물생장을 억제하는 독소를 분비하는 세균의 증가 때문임

#### 3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등) : 해당없음



#### 4. 연구결과의 활용 계획 등

- 광폭 해가림시설 내에서 농기계 작업 및 재배관리의 무인화 및 생력화 등 농촌인력 고령화 대응기술로 정책화 추진
- 인삼생산 관련 기관인 영농법인, 농협, 연구기관 대학 등에 기술이전
- 광폭 해가림시설 설계도서 및 자재 표준화 추진
- 농민 현장교육장으로 활용하여 고정화 시설재배기술의 농가확산 촉진
  - 생력화 광폭해가림 시범재배 확대: 인삼 주산지 20개소 농가현장접목
- 인삼 주산지 재배 농가를 대상으로 실증재배 추진 계획
- 타 연구에의 응용
  - 기존 해가림 시설을 현대화하여 개선하고자 할시 참고자료로 활용가능

## 붙임. 참고문헌

- 김영창, 2010. 농업기술 - 인삼 품종특성에 따른 재배기술. 농업기술회보 : 21세기 우리 농업 · 농촌 · 농민을 선도하는 정보지 (전국농업기술자협회) 47(2):45-46.
- 김요태, 1985. 재배환경이 인삼수량에 미치는 영향. 생명자원과학연구 8(0):173-209.
- 김종희, 이민웅 & 김광포, 1974. 인삼근부병에 관한 연구 (4) 인삼재배토양중의 균류 및 *Fusarium* sp. 의 분포에 관하여. 한국균학회지 2(1):15-19.
- 김준호, 1977. 인삼의 시비량의 수지에 관한 연구. 고려인삼학회지 = Korean journal of ginseng science (고려인삼학회) 2(1):59-66.
- 김효근 & 이규승, 2002. 인삼재배를 위한 차광조건이 인삼의 생육과 토양 중 Procymidone 의 잔류에 미치는 영향. 한국환경농학회지 21(1):24-30.
- 남기열, 손석룡 & 배효원, 1980. 인삼의 임간재배가 생육 및 품질에 미치는 영향. 고려인삼학회지 = Korean journal of ginseng science (고려인삼학회) 4(1):16-30.
- 남상운, 2002. 인삼재배시설의 구조 및 환경관리 실태조사. 한국농공학회 학술대회초록집 2002(0):65-68.
- 남상운, 2003a. 인삼 재배 시설의 기상재해 사례 및 구조 안전성 검토. 한국농공학회 학술대회 초록집 2003(0):339-342.
- 남상운, 2003b. 인삼재배 해가림시설의 기상재해와 구조개선대책. 한국농공학회지 45(4):98-106.
- 남상운, 2003c. 인삼재배 해가림시설의 기상재해와 구조개선대책. 한국농공학회지 (한국농공학회) 45(4):98-106.
- 농림축산식품부 원예산업과. (2017). 2016 인삼통계자료집.
- 농촌진흥청. (2009). 인삼 GAP 표준재배지침서.
- 농촌진흥청.(2010). 표준인삼경작방법.
- 농촌진흥청. (2012). 농업과학기술 연구조사분석기준.
- 박수진, 조용진, 피재호 & 홍희도, 2006. 국내 인삼 연구 현황 및 미래 수요 예측; 최근 5년간 농학.식품학 및 약리학을 중심으로. Journal of ginseng research = 高麗人參學會誌 (고려인삼학회) 30(4):212-219.
- 박철수, 강제용, 이동윤 & 안대진, 2008. 고랑관수에 의한 수분공급이 인삼의 생육에 미치는 영향. Journal of ginseng research = 高麗人參學會誌 (고려인삼학회) 32(4):279-282.
- 박훈, 1980. 인삼의 수분생리 1. 자생지관찰.재배 경험.기상요인과 근 및 엽의 특성. 고려인삼학회지 = Korean journal of ginseng science (고려인삼학회) 4(2):197-221.
- 박훈, 윤종혁, 변정수 & 조병구, 1987. 재식밀도와 재배광도가 인삼의 수량과 품질에 미치는 영향. 韓國作物學會誌 (한국작물학회) 32(4):386-391.
- 밝훈, 1992. 인삼생산에 있어 생리특성, 재배조건 및 품질의 상호관계. 고려인삼학회지 = Korean journal of ginseng science (고려인삼학회) 16(1):79-79.
- 서상택, 김선웅 & 김관후, 2008a. 연구논문 : 인삼재배의 투자 수익성 분석. 농업경영 · 정책연구 35(1):121-140.
- 서상택, 김선웅 & 김관후, 2008b. 인삼재배의 투자 수익성 분석. 농업경영 · 정책연구 35(1):121-140.
- 성봉재, 한승호, 김선익, 김관후, 이가순, 김현호, 원준연, 서정덕 & 조진웅, 2014. 녹비작물 재배에 따른 인삼의 생육과 진세노사이드 함량. 韓國作物學會誌 (한국작물학회) 59(3):364-368.
- 신태균, 2003. 영농환경 개선을 위한 인삼재배사 표준화 디자인. 디자인학연구 (한국디자인학회) 16(1):93-102.
- 안상득 & 최광태, 1987. 4년생 인삼의 수량 진단. 고려인삼학회지 = Korean journal of ginseng

- science (고려인삼학회) 11(1):46-55.
- 안영남, 정명근 & 강광희, 2009. 인삼 재배 시 차광재료에 따른 미기상 반응과 엽록소의 함량 변화. 韓國作物學會誌 (한국작물학회) 54(4):397-406.
- 오승환, 정영운, 유연현 & 이일호, 1982. 인삼 재배포장에서 Fusarium 밀도와 근부에 영향을 미치는 토양환경 요인. 한국응용곤충학회지 (한국응용곤충학회) 21(2):68-72.
- 오현교 & 윤성수, 2005. 인삼재배시설의 구조모델링을 위한 실험연구. 한국농공학회 학술대회 초록집 2005(0):181-186.
- 오현교 & 윤성수, 2006. 인삼재배시설의 웹기반 구조해석 프로그램 개발. 한국농공학회 학술대회 초록집 2006(0):76-81.
- 우수영, 이동섭 & 민재기, 2002. 인삼의 산지재배시 임상별 생육과 환경에 관한 연구 ( 2 ). 한국산림과학회지(구 한국임학회지) 91(3):304-312.
- 이누리, 김정선, 조서리, 최영규 & 최재을, 2012. 하우스 인삼재배에서 상토의 조성이 유기농 2년근 인삼의 생육 및 수량에 미치는 영향. 농업과학연구 (충남대학교농업과학연구소) 39(1):35-41.
- 이동필 & 박훈, 1996. 미국의 재배삼 수출 실적(1990~1994). 고려인삼학회지 = Korean journal of ginseng science (고려인삼학회) 20(2):188-192.
- 이성식, 천선용 & 이종화, 1987. 인삼의 종 및 품종간 광합성 특성비교. 韓國作物學會誌 (한국작물학회) 32(2):157-162.
- 이성우, 김금숙, 박충현 & 김관수, 2008. 청색과 적색 해가림 재배에 따른 인삼의 진세노사이드 함량 차이. 韓國作物學會誌 (한국작물학회) 53(0):103-107.
- 이일호, 박찬수 & 송기준, 1989. 연근별 토양이화학성이 인삼의 생육에 미치는 영향. 고려인삼학회지 = Korean journal of ginseng science (고려인삼학회) 13(1):84-91.
- 이종철, 김홍진 & 오승환, 1989. 인삼 연작장해 연구에 대한 고찰. 韓國作物學會誌 (한국작물학회) 34(2):115-120.
- 이종철 & 안대진, 1998. 인삼 직파재배에서 파종밀도가 생육 및 수량에 미치는 영향. Journal of ginseng research = 高麗人參學會誌 (고려인삼학회) 22(4):299-303.
- 이종철 & 최창렬, 1984. 년생 및 재배조건이 인삼의 엽형에 미치는 영향. 고려인삼학회지 = Korean journal of ginseng science (고려인삼학회) 8(2):178-183.
- 이채식, 최용, 전현중, 강태경, 이충근, 최덕규 & 김영창, 2011. 인삼재배 생력기계화 작업체계 연구. 한국농업기계학회 학술발표논문집 16(1):233-237.
- 이충렬, 황완균, 신차균, 이학성, 한성태, 임병옥 & 고성권, 2004. 수삼의 지역별 연근별 인삼사포닌 함량 비교. 한국식품과학회지 (한국식품과학회) 36(5):847-850.
- 임진수, 박기춘, 윤은정, 최덕천. (2017). 한국국제농업개발학회지. 유기재배 인삼농가의 경영성과 분석. 29(2) : 160-171.
- 목성균, 2005. 국내외 인삼재배 현황과 전망. 인삼·약초 (한국인삼전략화협의회) 3(6):62-69.
- 천성기, 이태수, 윤종혁, 이성식 & 목성균, 2004. 생육시기별 광량조절이 인삼의 수량 및 품질에 미치는 영향. Journal of ginseng research = 高麗人參學會誌 (고려인삼학회) 28(4):196-200.
- 한국인삼연초연구원. (1996). 최신고려인삼.
- An YN, Choung MG and Kang KH. (2009). Changes of microclimate responses and chlorophyll content (SPAD) to different shading materials on Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) Bed. Korean Journal of Crop Science. 54:397-406.
- Balitz DM, Bush JA, Bradner WT, Doyle TW, O'herron FA and Nettleton DE. (1982). Isolation

- of lavendamycin a new antibiotic from *Streptomyces lavendulae*. Journal of Antibiotics. 35:259-265.
- Cheon SK, Lee TS, Yoon JH and Lee SS. (2003). Effect of light transmittance control on the growth status of aerial parts during the growing season of *Panax ginseng*. Journal of Ginseng Research. 27:202-206.
- Choi DH and Lee BY. (2008). A study of the thermal characteristics of flooring materials, wood, rock, aluminum through observation of its radiant environment in the summer. Journal of the Korean Solar Energy Society. 28:35-44.
- Choi DH and Lee BY. (2010). An experimental study of surface materials for planting of building surface by the radiant heat balance analysis in the summer. Journal of the Korean Solar Energy Society. 30:71-80.
- Chung EJ, Park JH, Park TS, Ahn JW and Chung YR. (2010). Production of a phytotoxic compound, 3-phenylpropionic acid by a bacterial endophyte, *Arthrobacter humicola* YC6002 isolated from the root of *Zoysia japonica*. Plant Pathology Journal. 26:245-252.
- Han SG, Oh DH, Ryu J, Hwang NY, Na JS, Park KH and Choi BJ. (1992). Allelopathic effect of upland weeds on plant growth and properties in soils. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 25:263-269.
- Hur M, Kim Y, Song HR, Kim JM, Choi YI and Yi H. (2011). Effect of genetically modified poplars on soil microbial communities during the phytoremediation of waste mine tailings. Applied and Environmental Microbiology. 77:7611-7619.
- Hyun DY, Hwang JK, Choi SY and Jo JS. (1993). Photosynthetic characteristics of *Panax ginseng* C.A. Meyer I. Photosynthetic response to changes of light intensity and leaf temperature. Korean Journal of Ginseng Science. 17:240-245.
- Jang IB, Lee DY, Yu J, Park HW, Mo HS, Park KC, Hyun DY, Lee EH, Kim KH and Oh CS. (2015). Photosynthesis rates, growth, and ginsenoside contents of 2-yr-old *Panax ginseng* grown at different light transmission rates in a greenhouse. Journal of Ginseng Research. 39:345-353.
- Jang IB, Yu J, Kweon KB and Suh SJ. (2016). Effect of controlled light environment on the growth and ginsenoside content of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 24:277-283.
- Jamdar Z, Mohammadi AH and Mohammadi S. (2013). Study of antagonistic effects of *Trichoderma* species on growth of *Verticillium dahliae*, the causal agent of Verticillium Wilt of Pistachio under laboratory condition. Journal of Nuts. 4:53-56.
- Jang JG, Lee KS, Kwon DW and Oh HK. (1987). Chemical compositions of Korean ginseng with special reference to the part of ginseng plant. Journal of Ginseng Research. 11:84-89.
- Jo JS, Kim CS and Won JY. (1996). Crop rotation of the Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) and the rice in paddy field. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 4:19-26.
- Jung IS, Choi DH and Lee BY. (2011). Analysis of radiative characteristics at urban area by observation in summer season. Journal of the Korean Solar Energy Society. 31:133-144.
- Kageyama A, Morisaki K, Omura S and Takahashi Y. (2008). *Arthrobacter oryzae* sp. nov. and *Arthrobacter humicola* sp. nov. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 58:53-56.
- Kim HK and Lee KS. (2002). Effect of coverings on the growth of ginseng and the persistency of procymidone in growing soils. Korean Journal of Environmental Agriculture. 21:24-30.

- Kim YC, Lee JH, Bae YS, Sohn BK and Park SK. (2010). Development of effective environmentally-friendly approaches to control *Alternaria* blight and anthracnose diseases of Korean ginseng. *European Journal of Plant Pathology*. 127:443-450.
- Kang SW, Yeon BY, Hyeon GS, Bae YS, Lee SW and Seong NS. (2007). Changes of soil chemical properties and root injury ratio by progress years of post-harvest in continuous cropping soils of ginseng. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 15:157-161.
- Kim HS, JH Kim, Lee PY, Bae KH, Cho SY, Park BC, Shin HS and Park SG. (2013). Ginsenoside Rb1 is transformed into Rd and Rh2 by *Microbacterium trichothecenolyticum*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 23:1802-1805.
- Kim JU, Hyun DY, Kim YC, Lee JW, Jo IH, Kim DH, Kim KH and Shon JK. (2015). Effects of salt in soil condition on chlorophyll fluorescence and physiological disorder in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 23:446-453.
- Lee CY. (2007a). Characteristics of photosynthesis with growing stages by different shading materials in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 15:276-284.
- Lee CY. (2007b). Effects of shading material of rain shelter on growth and quality in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 15:291-295.
- Lee JS, Lee DY, Lee JH, Ahn IO and In JG. (2012). Photosynthetic characteristics of resistance and susceptible lines to high temperature injury in *Panax ginseng* Meyer. *Journal of Ginseng Research*. 36:461-468.
- Lee SS, Proctor JTA and Choi KT. (1999). Influence of monochromatic light on photosynthesis and leaf bleaching in *Panax* species. *Journal of Ginseng Research*. 23:1-7.
- Lee SW, Kim GS, Lee MJ, Hyun DY, Park CG, Park HK and Cha SW. (2007). Effect of blue and yellow polyethylene shading net on growth characteristics and ginsenoside contents in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 15:194-198.
- Lee SW, Park KC, Lee SH, Kim GS, Jang IB, Kim YB and Cha SW. (2013). Growth characteristics and ginsenoside contents of 6-year-old ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) by shade materials in paddy field. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 21:118-123.
- Lee JS, Han KS, Lee SC, Soh JW and Kim DW. (2014). Environmental factors on the development of root rot on ginseng caused by *Cylindrocarpon destructans*. *Research in Plant Disease*. 20:87-94.
- Lee SW, Park KH, Lee SH, Jang IB and Jin ML. (2017). Effect of green manure crop cultivation on soil chemical properties and root rot disease in continuous cropping field of ginseng. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 25:1-9.
- Lee SW, Park KH, Lee SH, Jang IB and Jin ML. (2016). Crop rotation in paddy soil exhibiting crop failure following replanting: Effect on soil chemical properties, soil microbial community and growth characteristics of 2-year-old ginseng. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 24:294-302.
- Lee JS, Lee JH and Ahn IO. (2010). Characteristics of resistant lines to high temperature injury in ginseng (*Panax ginseng* CA Meyer). *Journal of Ginseng Research*. 34:274-281.
- Lim YW, Kim BK, Kim CM, Jung HS, Kim BS, Lee JH and Chun JS. (2010). Assessment of soil fungal communities using pyrosequencing. *The Journal of Microbiology*. 48:284-289.
- Mok SK, Cheon SK, Lee SS and Lee TS. (1994). Effect of shading net colors on the growth and saponin content of korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Korean Journal of Ginseng Science*. 18:182-186.

- Nelson EB, Kuter GA and Hoitink HAJ. (1983). Effects of fungal antagonists and compost age on suppression of *Rhizoctonia* damping-off in container media amended with composted hardwood bark. *Phytopathology*. 73:1457-1462.
- Nguyen NL, Kim YJ, Hoang VA, Subramaniam S, Kang JP, Kang CH and Yang DC. (2016). Bacterial diversity and community structure in Korean ginseng field soil are shifted by cultivation time. *PLoS ONE* 11:e0155055. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155055> (cited by 2018 Aug. 1).
- Nicol RW, Yousef L, Traquair JA and Bernards MA. (2003). Ginsenosides stimulate the growth of soilborne pathogens of American ginseng. *Phytochemistry*. 64:257-264.
- Park CS and Ohh SH. (1981). Effect of crude ginseng saponin and raw ginseng juice on the growth of ginseng root rot organism, *Fusarium solani* and *Erwinia cartovora*. *Korean Journal of Plant Protection*. 20:1-5.
- Park JH, Seo YJ, Choi SY, Zhang YS, Ha SK and Kim JE. (2011). Soil physico-chemical properties and characteristics of microbial distribution in the continuous cropped field with *Paeonia lactiflora*. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 44:841-846.
- Paulitz TC, Smith JD and Kidwell KK. (2003). Virulence of *Rhizoctonia oryzae* on wheat and barley cultivars from the pacific northwest. *Plant Disease*. 87:51-55.
- Punja ZK, Wan A, Goswami RS, Verma N, Rahman M, barasubiye T, Seifert KA and Levesque CA. (2007). Diversity of *Fusarium* species associated with discolored ginseng roots in British Columbia. *Canadian Journal Plant Pathology*. 29:340-353.
- Rahman M and Punja ZK. (2005). Factors influencing development of root rot on ginseng caused by *Cylindrocarpon destructans*. *Phytopathology*. 95:1381-1390.
- Rural Development Administration(RDA). (2014). Ginseng. Rural Development Administration. Eumseong, Korea. p.40-48.
- Shin HS, Lee HH and Lee MW. (1985). Studies on the distribution of fungal and *Fusarium* spp. propagules in ginseng field soil. *Korean Journal of Mycology*. 14: 109-119.
- Suh JS and Lee SK. (1993). Competitive effects of allelochemicals on the monoculture and cross-cropping culture system of plants. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 26:259-264.
- Sun JM, Fu JF, Zhou RJ and Yan XR. (2013). Antibiotic effects of four exogenous phenolic acids on soilborne pathogen, *Cylindrocarpon destructans*. *Applied Mechanics and Materials*. 295-298:2294-2299.
- Yu KW, Murthy HN, Hahn EJ and Paek KY. (2005). Ginsenoside production by hairy root cultures of *Panax ginseng*: influence of temperature and light quality. *Biochemical Engineering Journal*. 23:53-56.
- Wang, Rongsheng, Lian, Haozhe, Liu & Fengyang, 1990. 중국에서의 인삼 재배와 연구에 관한 일반적 상황. *고려인삼학회지* = Korean journal of ginseng science (고려인삼학회) 14(2):332-337.
- Xu YH, Chi K, Zhang AH, Lei FJ, Yang H, Zhao Y, Li K, Wang EH, Li Q, Kim JS, Lee SH and Kim YC. (2016). Chemotactic response study of *Cylindrocarpon destructans* towards ginseng root exudates. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 24:360-369.
- Yang SS, Kim CH and Nam KW. (2000). Effect of soil salinity on the root growth and *Fusarium* disease of tomato and cucumber. *Plant Disease Research*. 6:71-75.
- Zanoelo FF, Polizeli MLTM, Terenzi HF and Jorge JA. (2004).  $\beta$ -Glucosidase activity from the



thermophilic fungus *Scytalidium thermophilum* is stimulated by glucose and xylose.  
Federation of European Microbiological Societies Microbiology Letters. 240:137-143.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.